



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

**FORMULASI ISOLAT FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
INDIGENUS RHIZOSFIR PISANG DALAM MENGINDUKSI
KETAHANAN BIBIT PISANG TERHADAP PENYAKIT DARAH
(Blood Disease Bacteria)**

TESIS



**YEFRIWATI
07205001**

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
2009**

**FORMULASI ISOLAT FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR INDIGENUS
RHIZOSFIR PISANG DALAM MENGINDUKSI KETAHANAN BIBIT PISANG
KEPOK TERHADAP PENYAKIT DARAH (*Blood Disease Bacteria*)**

Oleh : YEFRIWATI

(Dibawah bimbingan : Prof.Dr.Ir.Trimurti Habazar dan Prof.Dr.Ir.Eti Farda Husin,MS)

RINGKASAN

Pisang (*Musa sp*) merupakan salah satu jenis buah tropika yang mempunyai potensi cukup tinggi untuk dikelola secara intensif dengan berorientasi agribisnis, karena pisang telah menjadi usaha dagang ekspor dan impor di pasar Internasional. Pisang memiliki banyak keunggulan yaitu produktivitas yang tinggi, nilai gizi dan ragam genetika yang tinggi, adaptif pada ekosistem yang luas, biaya produksi yang rendah dan diterima oleh masyarakat. Secara nasional produksi pisang masih rendah (11.60 - 16.30 ton ha⁻¹) dibandingkan potensi produksi yang dapat mencapai 20 - 60 ton ha⁻¹. Terjadinya kecendrungan penurunan produktivitas pisang sejak tahun 1995 (13.58 ton ha⁻¹) menjadi 12.51 ton ha⁻¹ (7.88%).

Penyebab utama turunnya produksi pisang adalah penyakit darah bakteri yang disebabkan oleh *Blood Disease Bacteria* (BDB). Penyakit ini bersifat sistemik, sangat berbahaya karena dapat mematikan tanaman. Penyakit darah bakteri ini sulit dikendalikan karena patogen penyebabnya dapat bertahan paling kurang satu tahun di dalam tanah tanpa kehilangan virulensinya. Upaya pengendalian patogen ini secara kimia, penggenangan, pergiliran tanaman dan penggunaan bahan organik kurang efektif. Oleh karena itu perlu

dicari cara pengendalian yang aman terhadap lingkungan, tepat dan efektif terhadap pathogen yaitu dengan menggunakan agensia pengendali hayati yaitu Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA).

Dalam memproduksi inokulan FMA digunakan bahan pembawa seperti vermikulit, zeolit, gambut, pasir kali, arang sekam. Berbagai macam bahan padat seperti tanah, pasir, zeolit, dan gambut banyak digunakan sebagai bahan pembawa. Media pembawa yang banyak digunakan adalah zeolit, tetapi sulit didapat dan harganya relatif mahal. Media pasir kali menunjukkan jumlah spora dan derjat infeksi akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan media zeolit.

Pemanfaatan potensi isolat yang terpilih sebagai agen hayati dalam skala besar menghadapi masalah yang berkaitan dengan penyediaan inokulan bermutu dalam jumlah besar. Untuk menjaga “kestabilan efektifitas” isolat FMA yang terseleksi maka perlu dilakukan “standarisasi mutu inokulan FMA” yang dapat memberikan respon tanaman. Oleh karena itu isolat FMA diperbanyak secara massal dalam dua media tanam (pasir sungai dan pasir bukit).

Untuk meningkatkan kualitas inokulan FMA ditambahkan beberapa bahan pembawa. Salah satu bahan pembawa yang digunakan adalah batuan fosfat (fosfat alam). Batuan fosfat sebagai batuan endapan yang mempunyai kadar 15 – 30 % P_2O_5 . Batuan fosfat ini merupakan bahan yang baik sebagai aditif inokulum mikoriza karena mengandung fosfat tetapi tidak tersedia bagi tanaman. Fungsi mikoriza dapat merubah fosfat tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman.

Tujuan dari penelitian ini adalah : 1) Untuk mendapatkan bahan pembawa yang terbaik dari media perbanyakan FMA, 2) Untuk mendapatkan formula FMA yang stabil dalam menginduksi ketahanan bibit pisang terhadap penyakit darah bakteri.

Penelitian ini telah dilaksanakan di laboratorium Mikrobiologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang, dan rumah kaca di Kelurahan Alai Parak Kopi, Kecamatan Padang Utara. Pelaksanaan dari bulan Desember 2008 sampai Juli 2009. Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu 1) Formulasi FMA menggunakan beberapa bahan pembawa dan pengayaan formula FMA, 2) Introduksi formula FMA pada bibit pisang untuk pengendalian penyakit darah bakteri. Penelitian ini disusun menurut Faktorial, pada Tahap 1 rancangan yang digunakan adalah Rancangan Faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 ulangan yang terdiri atas 2 faktor yaitu a) Faktor pertama adalah medium pembawa (A1 : Pasir sungai (PS), A2 : Pasir putih (PP), A3 : (Pasir hitam (PH), b) Faktor kedua adalah ukuran bahan pembawa (B1 : halus (H) diameter 0,10 mm, B2 : sedang (S) diameter 0,50 mm, B3 : Kasar (K) diameter 1,00 mm). Tahap II rancangan yang digunakan adalah rancangan Faktorial 2 faktor dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) 5 ulangan yaitu Faktor pertama adalah dosis batuan fosfat : (Kontrol, FMA (tanpa batuan fosfat), FMA +10 % batuan Fosfat, FMA + 20 % batuan Fosfat), FMA + 30 % batuan Fosfat), FMA + 40 % batuan Fosfat). Parameter yang diamati adalah pertumbuhan tanaman jagung dan tanaman pisang, persentase kolonisasi FMA, kepadatan spora FMA, masa inkubasi, persentase serangan penyakit, Diskolorasi batang semu, kepadatan populasi BDB, kepadatan spora FMA pada rhizosfir bibit pisang.

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa formulasi media perbanyak FMA pada berbagai media pasir dengan berbagai ukuran, pasir sungai ukuran kasar adalah terbaik. Hasil penelitian Tahap 1 didapatkan bahwa persentase kolonisasi akar jagung bermikoriza 84% dengan intensitas 5, kepadatan spora 124.90 spora/10 gr, tinggi tanaman 144 cm, jumlah daun 17.20 helai, berat kering akar 21.90 % dan berat kering bagian atas tanaman 46.14 gr. Hasil penelitian Tahap II terhadap uji formula FMA pada bibit pisang terhadap penyakit darah (BDB) didapatkan bahwa Formula FMA dosis 20 % batuan fosfat dengan 2 bulan penyimpanan sudah memperlihatkan hasil terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ketahanan terhadap penyakit darah (BDB). Hal ini dapat terlihat dari masa inkubasi yang dapat memperlambat munculnya gejala penyakit darah bakteri, persentase serangan penyakit dengan efektivitas 100 %, diskolorasi batang semu 0 %, kepadatan populasi BDB dengan efektivitas 93,30 %, persentase kolonisasi akar FMA mengalami peningkatan dari 30 hsi sampai 90 hsi dengan kepadatan spora 52.20/ 10 gr, pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman 71.76 cm dengan efektivitas 60.39 %, jumlah daun 16.20 helai dengan efektivitas 62.00), berat kering akar 1.48 gr dengan efektivitas 66.29, berat kering bagian atas atas tanaman 8.95 gr dengan efektivitas 77.57 %.

**FORMULASI ISOLAT FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
INDIGENUS RHIZOSFIR PISANG DALAM MENGINDUKSI
KETAHANAN BIBIT PISANG TERHADAP PENYAKIT
DARAH (*Blood Disease Bacteria*)**

Oleh

YEFRIWATI

07205001

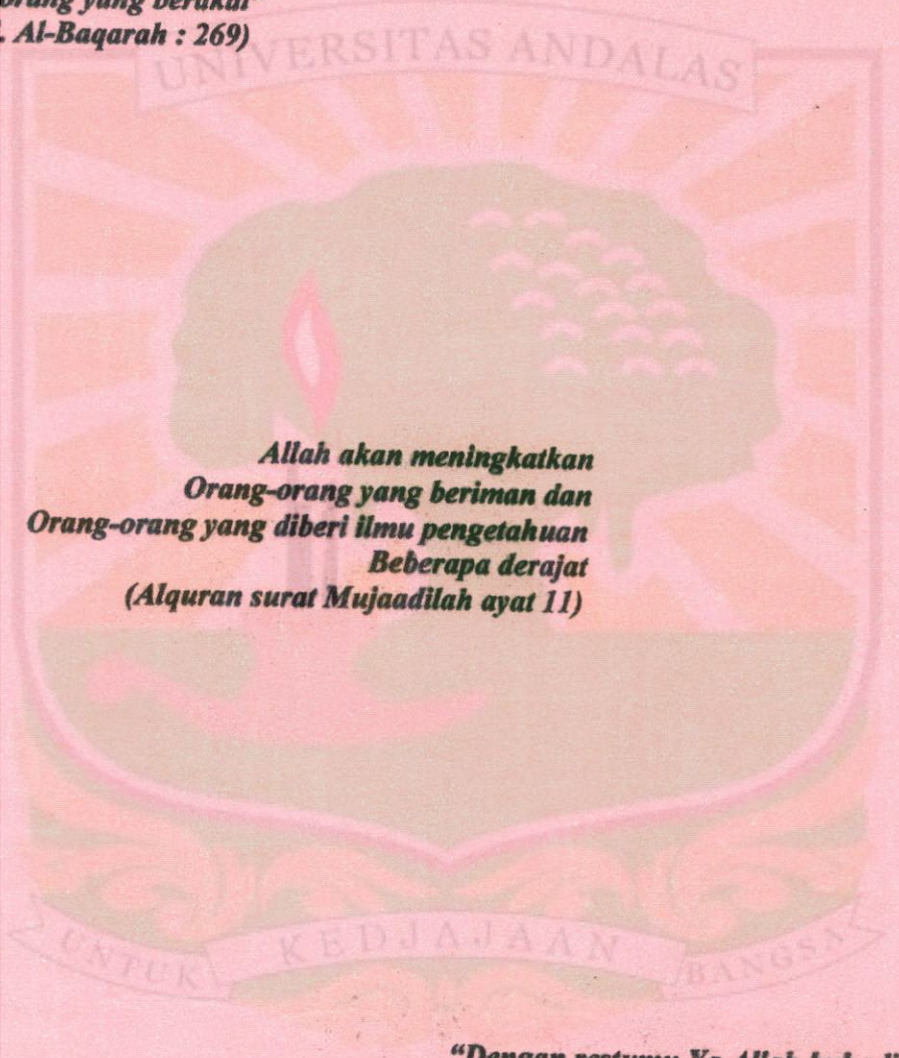
TESIS

**Sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Magister Pertanian
Pada Program Pascasarjana Universitas Andalas**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2009**

"Dia memberikan ilmu yang Berguna kepada siapa yang dikehendakiNya. Barang siapa mendapatkan hikmah itu, sesungguhnya ia telah mendapatkan kebijakan yang banyak, dan tiadalah yang menerima peringatan, melainkan orang-orang yang berakal"
(Q.S. Al-Baqarah : 269)



Allah akan meningkatkan Orang-orang yang beriman dan Orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan Beberapa derajat
(Alquran surat Mujaadilah ayat 11)

"Dengan restumu Ya Allah kuhadiahkan Keberhasilanku ini sebagai titik awal langkahku Kepada Ayahanda dan Ibunda tercinta Teristimewa kedua dosen Pembimbingku Ibu Prof.Dr.Ir.Trimurti Habazar dan Ibu Prof.Dr.Ir.Eti Farda Husin, MS Terimakasih atas segala do'a dan motivasinya"

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 1 Januari 1980 di Bato, Pariaman Tengah, sebagai anak ketujuh dari delapan bersaudara, anak dari Bapak Aminudin dan Ibu Sanibar. Penulis menamatkan SD Negeri 15 Bato pada tahun 1993, SMP Negeri 5 Pariaman pada tahun 1996 dan SMA Negeri 2 Pariaman 1999. Pada tahun 1999 penulis melanjutkan pendidikan Strata 1 (S1) pada Fakultas Pertanian Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Universitas Andalas Padang. Pada tahun 2004 penulis menyelesaikan pendidikan Strata 1 (S1). Pada tahun 2007 penulis melanjutkan pendidikan Strata 2 (S2) Pascasarjana Universitas Andalas Padang.



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

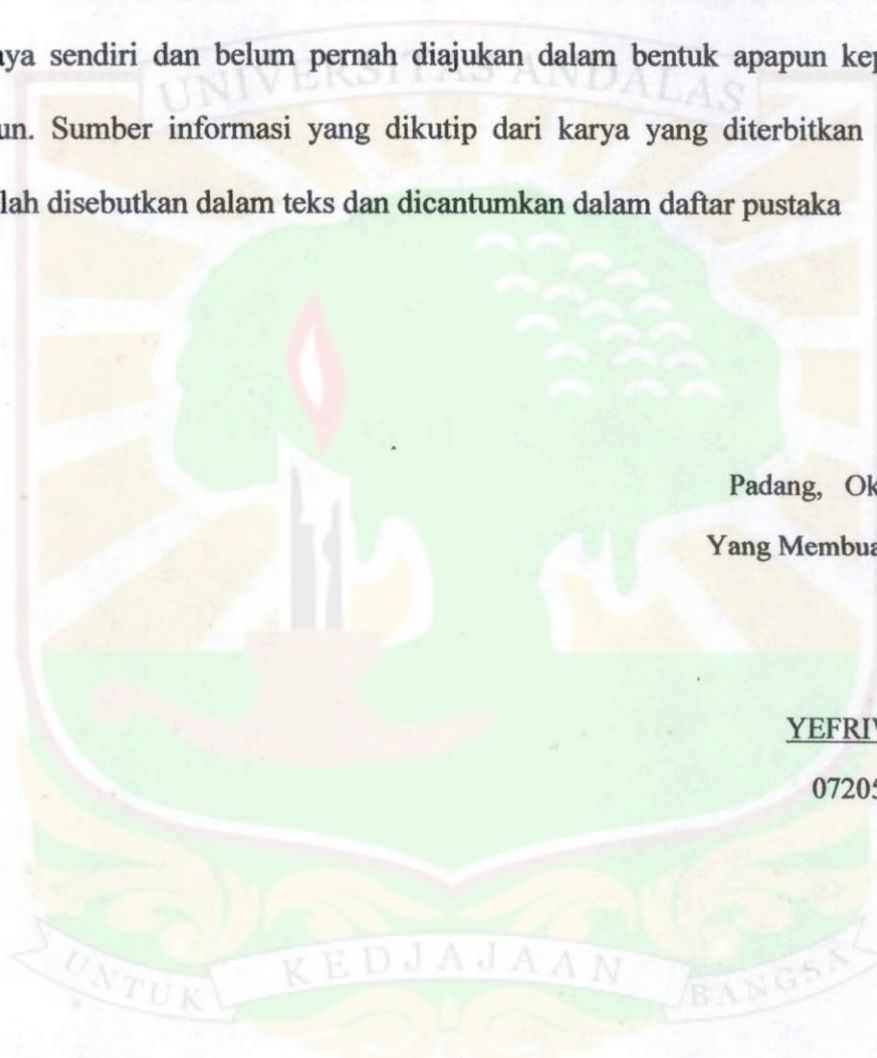
Dengan ini saya menyatakan bahwa isi tesis yang saya tulis dengan judul “ Formulasi Isolat Fungi Mikoriza Arbuskular Indigenus Rhizosfir Pisang Dalam Menginduksi Ketahanan Bibit Pisang Kepok Terhadap Penyakit Darah (*Blood Disease Bacteria*)” adalah murni hasil kerja/karya saya sendiri dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang dikutip dari karya yang diterbitkan atau tidak dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka

Padang, Oktober 2009

Yang Membuat Pernyataan

YEFRIWATI

07205001



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan hidayah dan berkahNya hingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul : “Formulasi Isolat Fungi Mikoriza Arbuskular Indigenus Rhizosfir Pisang Dalam Menginduksi Ketahanan Bibit Pisang Terhadap Penyakit Darah (*Blood Disease Bacteria*)”. Tesis ini dibuat untuk memenuhi syarat guna mencapai gelar Magister Pertanian pada Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan di Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Prof.Dr.Sc.Agr.Trimurti Habazar sebagai pembimbing I yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, motivasi dengan tulus dan ikhlas sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian, penulisan tesis dan studi ini.
2. Ibu Prof.Dr.Ir.Eti Farda Husin, MS, sebagai pembimbing II yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, motivasi dengan tulus dan ikhlas sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian, penulisan tesis dan studi ini.
3. Bapak Prof.Dr.Ir.H. Novirman Jamarun, MSc sebagai Direktur Program Pascasarjana Universitas Andalas Padang
4. Ketua Jurusan Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan dan Bapak, Ibu staf pengajar di lingkungan Program Pascasarjana universitas Andalas Padang.

5. Kedua orang tua penulis Ayahanda Aminudin dan ibunda Sanibar tersayang yang telah membesarkan dan mendidik dengan penuh kasih sayang, kesabaran dan doa tak terhingga semoga penulis dapat mewujudkan harapan beliau menjadi orang yang berguna.
6. Kakak-kakakku dan adikku Fauzal Azmi (Alm), terimakasih atas segala dorongan, bantuan, doa, motivasi semoga penulis dapat mewujudkan harapan beliau semua.
7. Ibu Ir. Zelvi Zakir, MP, Ibu Ir. Suswati, MP, Ibu Dra. Mairawita, Ibu Dra. Upik Yelianti MP, Ibu Dra. Netti Suharti yang telah memotivasi penulis dalam menyelesaikan studi dan semua pihak yang tidak disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan. Semoga tesis ini bermanfaat bagi ilmu pengetahuan pada umumnya dan ilmu pertanian pada khususnya.

Padang, Oktober 2009

YEFRIWATI

UNTUK KEDJAJAAN BANGSA

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Manfaat Penelitian	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penyakit darah bakteri	6
2.2 Fungi Mikoriza Arbuskula	8
2.3 Formulasi FMA	12
III. BAHAN DAN METODE	16
3.1 Tempat dan Waktu	16
3.2 Bahan dan Alat	16
3.3 Metode Penelitian	16
3.3.1 Tahap 1. Formulasi FMA menggunakan beberapa bahan pembawa	18
3.3.1.3 Pelaksanaan Penelitian	19
3.3.1.4 Pengamatan	24
3.3.2 Tahap 2. Introduksi Formula FMA pada bibit pisang untuk pengendalian penyakit darah.....	25
3.3.2.1 Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.3.2.2 Pengamatan	32

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Formulasi FMA Menggunakan Beberapa Jenis

Bahan Pembawa	36
4.1.1 Persentase kolonisasi akar FMA dan kepadatan spora pada Tanaman jagung	36
4.1.2 Pertumbuhan tanaman jagung	39

4.2 Introduksi Formula FMA pada bibit pisang untuk

pengendalian penyakit darah bakteri	43
4.2.1 Masa Inkubasi	43
4.2.2 Persentase serangan penyakit	46
4.2.3 Diskolorasi batang semu	47
4.2.4 Kepadatan populasi BDB	49
4.2.5 Persentase kolonisasi akar FMA pada bibit pisang	52
4.2.6 Kepadatan spora FMA pada rhizosfir bibit pisang	54
4.2.7 Pertumbuhan bibit pisang	55

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	63
----------------------	----

5.2 Saran	63
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA	64
----------------------	----

LAMPIRAN	69
----------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Kriteria penilaian persentase kolonisasi akar	21
2. Kolonisasi FMA pada akar jagung dan kepadatan spora yang diperbanyak pada berbagai jenis bahan pembawa (52 hst).....	36
3. Pertumbuhan tanaman jagung (tinggi dan jumlah daun) yang diperbanyak pada berbagai jenis bahan pembawa (52 hst).....	40
4. Biomassa tanaman jagung (berat basah dan berat kering tanaman) pada berbagai jenis bahan pembawa (52 hst).....	40
5. Masa inkubasi penyakit darah bakteri pada bibit pisang setelah diintroduksi dengan formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda.....	44
6. Rata – rata persentase serangan penyakit darah pada bibit pisang Setelah diintroduksi dengan formula FMA.....	46
7. Diskolorasi batang semu (cm) pada bibit pisang kepok setelah Diintroduksi dengan formula FMA.....	47
8. Kepadatan populasi bakteri BDB yang introduksi formula FMA pada bibit pisang	50
9. Rata-rata persentase akar yang terkolonisasi FMA setelah diintroduksi formula FMA.....	52
10. Kepadatan spora FMA pada rhizosfir pisang setelah introduksi Formula FMA	54
10. Tinggi bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi formula FMA (3 bulan setelah tanam)	56
11. Jumlah daun bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi formula FMA	58
12. Berat kering akar tanaman setelah diintroduksi dengan formula FMA (3 bulan) (hst)	59
13. Berat kering bagian atas tanaman setelah diintroduksi dengan formula FMA (3 bulan HST)	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Perkembangan dan taksonomi ordo Glomales	8
2. Struktur anatomi infeksi FMA pada sel korteks akar	10
3. Perbanyakkan inokulan FMA pada tanaman jagung	20
4. Bahan pembawa formula FMA, A. pasir sungai, B. pasir putih dari bukit, C. pasir hitam dari bukit	22
5. Proses formulasi FMA dengan berbagai jenis bahan pembawa,....	23
6. Teknik pengamatan spora mikoriza, A. Saringan bertingkat, B. Saringan ukuran 50 μ m, C. kumpulan spora FMA pada cawan Petri, D. Mikroskop binokuler, E. Spora FMA	24
7. Pengayaan formula CMA dengan batuan fosfat. A Batuan fosfat (Rock fosfat), B. Formula FMA : a. Inokulan FMA, b.10 %; c. 20 %; d. 30%; e. 40%	26
8. Bibit pisang kultur jaringan yang berumur 1 bulan setelah aklimatisasi (sebelum aplikasi FMA)	27
9. Gejala serangan BDB pada buah dan bibit pisang	28
10. Biakan murni BDB pada media TTC 48 jam dan tunggal BDB..	29
11. Sifat fisiologis BDB; A. Gram negatif; B. Pektinase positif	30
12. Gejala layu uji Patogenisitas BDB	32
13. Kolonisasi FMA pada akar dan kepadatan spora FMA pada rhizosfir Tanaman jagung dengan bahan pembawa pasir sungai ukuran Kasar	38
15. Grafik perkembangan tinggi tanaman jagung sebagai media perbanyakkan inokulan FMA pada berbagai bentuk formula FMA	41
16. Pertumbuhan tanaman jagung untuk perbanyakkan FMA pada berbagai jenis bahan	42

17. Gejala BDB pada bibit pisang yang diintroduksi FMA yang disimpan umur 2 bulan formula FMA.....	44
18. Penampang membujur batang semu bibit pisang (15 hsi).....	49
19. Grafik perkembangan kepadatan populasi bakteri BDB.....	51
20. Kolonisasi formula FMA pada akar bibit pisang pada bahan pembawa pasir sungai kasar	53
21. Spora FMA dari rhizosfir tanaman pisang (57 hsi)	55
22. Tinggi bibit pisang setelah diintroduksi dengan formula FMA.....	56
23. Bentuk akar setelah diintroduksi formula FMA (90 hst)	60



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Jadwal Penelitian	69
2. Deskripsi tanaman pisang varietas kepok	70
3. Klasifikasi partikel tanah menurut USDA dan ISSS	71
4. Sifat morfologi dan fisiologi penyakit darah (Blood Disease Bacteria)	72



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pisang (*Musa sp*) merupakan salah satu jenis buah tropika yang mempunyai potensi cukup tinggi untuk dikelola secara intensif dengan berorientasi agribisnis, karena pisang telah menjadi usaha dagang ekspor dan impor di pasar Internasional (Rukmana, 2000). Pisang memiliki banyak keunggulan yaitu produktivitas yang tinggi, nilai gizi dan ragam genetika yang tinggi, adaptif pada ekosistem yang luas, biaya produksi yang rendah dan diterima oleh masyarakat (Sulyo, 1992).

Berdasarkan proyeksi peningkatan jumlah penduduk dari 220-230 juta diperkirakan kebutuhan konsumsi segar dalam negeri akan mencapai 1,8 – 2,3 juta ton dan tingkat konsumsi produk olahannya dari tahun 2005 sampai 2010 diperkirakan akan meningkatkan dari 8,2 – 10 kg/kapita/tahun (Anonim, 2005). Proyeksi kebutuhan pisang tersebut sebagai produk olahan mulai tahun 2005-2010 mencapai 90.000 ton. Volume tersebut memerlukan areal pertanaman seluas 6000 ha paa tahun 2010, dimana 4500 ha sudah tersedia tetapi belum dikelola secara intensif, sedangkan 1500 ha akan dilakukan pembukaan lahan baru (Anonim, 2005). Secara nasional produksi pisang masih rendah (11.60-16.30 ton ha-1) dibandingkan potensi produksi yang dapat mencapai 20-60 ton ha-1, bahkan untuk kultivar group Cavendish ada yang bias mencapai 100 ton ha-1 (Verheij dan Coronel (1992) cit Tutik Setyawati (1996). Terjadinya kecendrungan penurunan produktivitas pisang sejak tahun 1995 (13.58 ton ha-1) menjadi 12.51 ton ha-1 (7.88%) (FAOSTAT, 2005 cit Anonim, 2005).

Penyebab utama turunnya produksi pisang adalah penyakit darah bakteri yang disebabkan oleh *Blood Disease Bacteria* (BDB). Penyakit ini bersifat sistemik, sangat berbahaya karena dapat mematikan tanaman (Sulyo, 1992). Penyakit darah bakteri menempati urutan pertama dalam daftar penyakit pisang di Indonesia (Hermanto, Habazar, Rivai, 2000).

Penyebaran penyakit darah bakteri ini sudah meluas di banyak daerah pertanaman pisang dunia. Di Indonesia, penyakit darah bakteri menyerang tanaman pisang di kepulauan Maluku dan Irian Jaya, Sulawesi Selatan, Jawa, dan beberapa lokasi di Sumatera. Kerusakan yang ditimbulkan bervariasi antar daerah, yaitu mencapai 70 – 80% di Sulawesi Selatan, 27 - 36% di Jawa Barat. Kehilangan hasil akibat penyakit ini di Lampung Selatan mencapai 20.014,98 ton setara dengan 2.402.917,100 dan di Kecamatan Sungai Pagu, Sumatera Barat kerugian mencapai Rp.130 juta (Habazar dan Rivai, 2002). Kerusakan pertanaman pisang di lapangan yang disebabkan oleh penyakit ini umumnya terjadi pada pisang Kepok dan beberapa jenis pisang olahan lainnya (Sahlan dan Nurhadi, 1994).

Penyakit darah bakteri ini sulit dikendalikan karena patogen penyebabnya dapat bertahan paling kurang satu tahun di dalam tanah tanpa kehilangan virulensinya (Semangun, 1989; Wardlaw, 1972, Sulyo, 1992). Upaya pengendalian patogen ini secara kimia, penggenangan, pergiliran tanaman dan penggunaan bahan organik kurang efektif (Djatnika, 2000). Oleh karena itu perlu dicari cara pengendalian yang aman terhadap lingkungan, tepat dan efektif terhadap patogen.

Akhir-akhir ini telah banyak dikembangkan pengendalian hama dan penyakit secara terpadu (PHT). Menurut Habazar dan Rivai (2000), dalam hal pengendalian penyakit tanaman yang disebabkan oleh bakteri sampai saat ini, belum ada cara

pengendalian yang efektif, sehingga perlu mengacu pada konsep Pengendalian Hama Terpadu (*Biological Control*). Mikroorganisme yang dapat berperan sebagai agensia pengendali hayati yang potensial dikembangkan salah satu diantaranya adalah Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA). Eksplorasi FMA indigenus dari ekosistem setempat memungkinkan dilakukan untuk memperoleh sumber inokulan yang potensial dalam pengendalian penyakit darah. Hasil penelitian Husin *et al*, (2007) yang telah dilakukan eksplorasi FMA Indigenus dari Rhizosfir tanaman pisang kultivar Kepok sehat dilahan endemik BDB Sumatera Barat (Tabek Panjang dan Pasar Usang), pisang liar dari kawasan Cagar Alam Lembah Anai dan lahan endemik Sumatera Utara (Samosir dan Parapat) diperoleh 23 isolat FMA indigenus Sumatera Barat dan 2 isolat FMA inigenus Sumatera Utara. Hasil pengujian kemampuan isolat tersebut dalam meningkatkan ketahanan tanaman pisang terhadap BDB di rumah kaca terseleksi 13 isolat Sumatera Barat dan 2 isolat Sumatera Utara. FMA indigenus tersebut berpotensi dalam pengendalian penyakit darah dan dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman karena lebih adaptif dengan ekosistem asal dan tanaman inang yang sama.

Dalam memproduksi inokulan FMA digunakan bahan pembawa seperti vermikulit, zeolit, gambut (Borea, 1988 dalam Setiadi, 1996), pasir kali (Husin, 1992), arang sekam (Simanungkalit dan Riyanti, 1994). Berbagai macam bahan padat seperti tanah, pasir, zeolit, dan gambut banyak digunakan sebagai bahan pembawa. Media pembawa yang banyak digunakan adalah zeolit, tetapi sulit didapat dan harganya relatif mahal. Media pasir kali menunjukkan jumlah spora dan derjat infeksi akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan media zeolit (Anas Tampubolon, 2004).

Pemanfaatan potensi isolat yang terpilih sebagai agen hayati dalam skala besar menghadapi masalah yang berkaitan dengan penyediaan inokulan bermutu dalam

jumlah besar. Untuk menjaga “kestabilan efektifitas” isolat FMA yang terseleksi maka perlu dilakukan “standarisasi mutu inokulan FMA” yang dapat memberikan respon tanaman. Oleh karena itu isolat FMA diperbanyak secara massal dalam dua media tanam (pasir sungai dan pasir bukit). Kedua bahan tersebut tersedia dalam jumlah banyak di Provinsi Sumatera Barat. Dinas Pertanian Sumatera Barat, 2005 menjelaskan bahwa Sumatera Barat memiliki luas wilayah 4.222.973 Ha dimana 1.165.145 Ha dengan kemiringan 0-2% ; 649.901 Ha berombak dan bergelombang, 658.926 Ha berbukit sampai bergunung dan 1.755.778 daerah bergunung dengan kemiringan 40%. Daerah yang berbukit merupakan sumber pasir yang sangat potensial untuk memperbanyak inokulan FMA, karena selama ini bahan tersebut hanya digunakan sebagai bahan bangunan dan penimbun.

Isolat yang diperbanyak akan diperkaya dengan penambahan batuan fosfat (fosfat alam). Batuan fosfat sebagai batuan endapan yang mempunyai kadar 15-30% P_2O_5 (Zubair, 1997; Kasno, 1999). Batuan fosfat ini merupakan bahan yang baik sebagai aditif inokulum mikoriza karena mengandung fosfat tetapi tidak tersedia bagi tanaman (Mansur, I. 2008). Fungsi mikoriza dapat merubah fosfat tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Oleh karena itu hanya tanaman yang bermikoriza yang dapat secara optimum memanfaatkan batuan fosfat. Menurut Kabirun, 2002 bahwa pengaruh inokulasi mikoriza disertai dengan batuan fosfat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, hal ini disebabkan karena jamur mikoriza selain meningkatkan biomassa akar juga dengan hifa eksternalnya dapat memperluas jangkauan akar tanaman dalam memperoleh P. Sedangkan menurut Muin, 2003 bahwa penambahan 0,5 g batuan fosfat per 500 g gambut dapat meningkatkan pertumbuhan bibit ramin yang telah diinokulasikan mikoriza. Sedangkan menurut Lukiwati et al., (1999) menjelaskan

bahwa dosis pemupukan batuan fosfat 0, 100, 200, 300 gr P₂O₅ nyata meningkatkan kadar P legum masing-masing sebesar 0,10;0,15;0,17 dan 0,20%.

Kualitas inokulan berdasarkan lamanya penyimpanan, menunjukkan bahwa makin lama penyimpanan semakin berkurang propagul infeksi. Jumlah spora yang dihasilkan menurun, dan berbeda antar satu isolat dengan isolat lainnya. Penyimpanan selama satu bulan menunjukkan propagul infeksi yang relatif besar, yakni jumlah spora mencapai 93-216 per gram tanah, dan persentase infeksi mencapai 90-100% (Corryanti, 2003). Mutu inokulan FMA menurun cepat pada suhu penyimpanan yang tinggi, karena itu untuk mempertahankan mutunya, inokulan sebaiknya disimpan pada ruang AC suhu 5°C (Simanungkalit, 1979). Oleh karena itu pemanfaatan berbagai formula mikoriza indigenus pisang dalam pengendalian terhadap penyakit darah bakteri perlu diteliti.

Berdasarkan hal diatas penulis telah melakukan penelitian dengan judul “**Formulasi Isolat Fungi Mikoriza Arbuskular Indigenus Rhizosfir Pisang Dalam Menginduksi Ketahanan Bibit Pisang Terhadap *Blood Disease Bacteria* (BDB)**”.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mendapatkan bahan pembawa yang terbaik dari media perbanyakan FMA
2. Untuk mendapatkan formula FMA yang stabil dalam menginduksi ketahanan bibit pisang terhadap penyakit darah bakteri

1.3 Manfaat Penelitian

Dari penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan formula FMA yang cocok dan stabil dalam menginduksi ketahanan tanaman terhadap penyakit darah bakteri (*Blood Disease Bacteria*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penyakit darah bakteri

Penyakit darah bakteri merupakan salah satu penyakit utama pada tanaman pisang (Sulyo, 1992), yang bersifat mematikan dan menginfeksi jaringan secara sistemik (Fegan and Prior, 2005). Beberapa tahun terakhir ini produksi pisang menurun, di Sumatera Barat tahun 2000 produksi 59.549 ton, tahun 2001 menurun 48.810 ton dan tahun 2002 menjadi 33.367 ton (Badan Pusat Statistik, 2003).

Penyakit ini masuk kedalam jaringan pembuluh melalui luka mekanisme pada bibit atau bonggol pisang (Thurston, 1997). Patogen ini umumnya menginfeksi melalui jaringan akar yang terluka. Setelah masuk kedalam jaringan pembuluh tanaman bakteri akan menyebar dan memperbanyak diri pada jaringan tersebut. Selanjutnya ruang antar sel dalam jaringan terisi oleh bakteri sehingga mengakibatkan jaringan tersumbat dan meningkatkan kekentalan cairan dalam jaringan yang menyebabkan terjadinya gangguan air pada tanaman. (Holloway *et al.*, 1985; Habazar, 1989).

Gejala awal penyakit ini adalah terjadinya penguningan pada daun yang dimulai pada bagian dekat pelepah daun dan diikuti layunya daun tersebut. Gejala spesifik pada penyakit ini terdapat lendir bakteri yang berwarna putih abu-abu sampai coklat kemerahan keluar dari potongan buah atau bonggol tanaman pisang (Tjahjono dan Eden-Green, 1988); Muharam dan Subijanto, 1991; Baharuddin, 1994. Gejala yang paling khas atau tipikal adalah terjadinya pembusukan daging buah sehingga terjadinya perubahan warna menjadi kuning sampai coklat kemerahan (Hermanto, 1998).

Perkembangan gejala dipengaruhi oleh umur tanaman pada saat terjadinya infeksi dan keadaan lingkungan sekitar. Pada umumnya penyakit berkembang paling

cepat pada tanaman yang masih muda dan dibantu oleh suhu yang tinggi, yaitu 25 – 35 °C. Pengaruh kelembaban tanah terhadap penyakit, jika kelembaban tinggi maka bakteri dapat bertahan lebih lama dalam tanah (Semangun, 1989).

Penularan penyakit ini melalui bibit, tanah, air irigasi, alat-alat pertanian dan serangga pengunjung bunga, serta dapat bertahan paling kurang satu tahun dalam tanah tanpa kehilangan virulensinya (Semangun, 1989; Wardlaw, 1972; Sulyo, 1992). Serangga pengunjung bunga yang dapat menularkan penyakit ini ada tiga jenis serangga dari ordo Diptera (Maryam *et al.*, 1994). Menurut Leiwakabessy (dalam suprijadi, 2002) jenis serangga yang diduga sebagai vektor BDB (*Blood Disease Bacteria*) yaitu golongan Diptera : *Clloropidae*, *Platypezidae*, dan *Drosphilidae*.

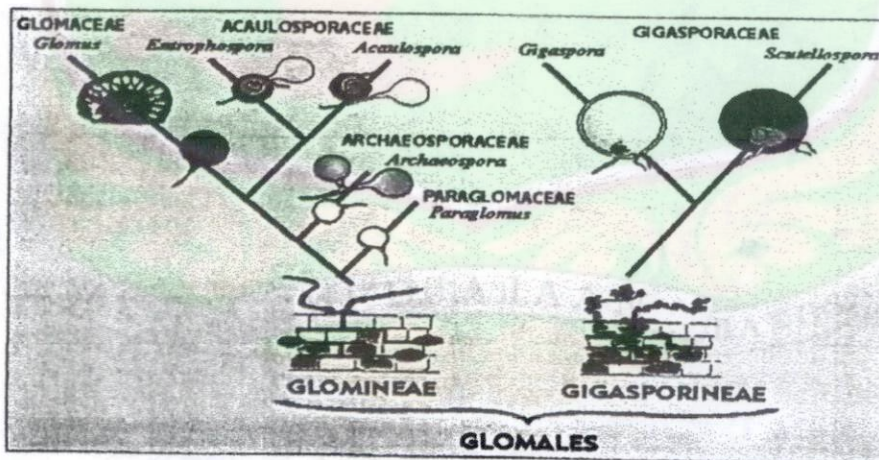
Tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh penyakit ini bervariasi antar daerah: yaitu 70-80% di Sulawesi Selatan (Roesmiyanto dan Hutagalung, 1989), 27-36% di Jawa Barat (Mulyadi, 1989). Kehilangan hasil yang pernah dihitung mencapai 20.015,98 ton setara dengan Rp. 2.401.917.100 dari 28 desa dalam enam kecamatan yang terserang penyakit di Lampung Selatan (Nurhadi *et al.*, 1994) dan sebesar Rp. 130.000.000. pada tahun 1998 di Kecamatan Sungai Pagu - Sumatera Barat (Hermanto, 1998).

Penyakit bakteri sulit dikendalikan karena patogen penyebabnya dapat bertahan paling kurang satu tahun di dalam tanah tanpa kehilangan virulensinya (Semangun, 1989; Wardlaw, 1972; Sulyo, 1992) dan agen penularannya cukup banyak seperti : bibit yang telah terinfeksi, tanah, air, alat-alat pertanian, nematoda (Buddenhagen and Kelman, 1964), dan serangga. Jenis serangga yang diduga vektor BDB yaitu ordo Diptera, *Clloropidae*, *Platypezidae*, *Drosophilidae* Leiwakabessy (*cit* Suprijadi, 2002) dan ordo Lepidoptera yaitu larva *Erionata thrax* (Subandiyah *et al.*, 2004).

2.2 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Mikoriza adalah suatu bentuk asosiasi simbiotik antara akar tumbuhan tingkat tinggi (Subiksa, 2002). Hubungan ini hanya terjadi pada akar tanaman, khususnya pada akar yang halus dan masih muda, dan tidak pernah terjadi pada bagian tanaman lainnya. Mikoriza yang mengkolonisasi akar tidak bersifat parasit, sebaliknya memberikan suatu keuntungan kepada tanaman (Husin, 1993).

Fungi mikoriza arbuskula termasuk ke dalam kelas Zygomycetes, dengan ordo Glomales. Ordo ini dikelompokkan atas dua sub ordo, yaitu *Gigasporineae* dan *Glomineae*. Sub ordo *Gigasporineae* dengan famili *Gigasporaceae* mempunyai dua genus, yaitu *Gigaspora* dan *Scutellospora*. *Glomaceae* mempunyai 4 famili, yaitu famili *Glomaceae* dengan genus *Glomus*, famili *Acaulosporaceae* dengan genus *Acaulospora* dan *Enterosporella*. *Paraglomaceae* dengan genus *Paraglomus*, dan *Archaeosporaceae* dengan genus *Archaeospora* (Setiadi, 2001) dan Invam (2003), seperti tampak pada Gambar 1.

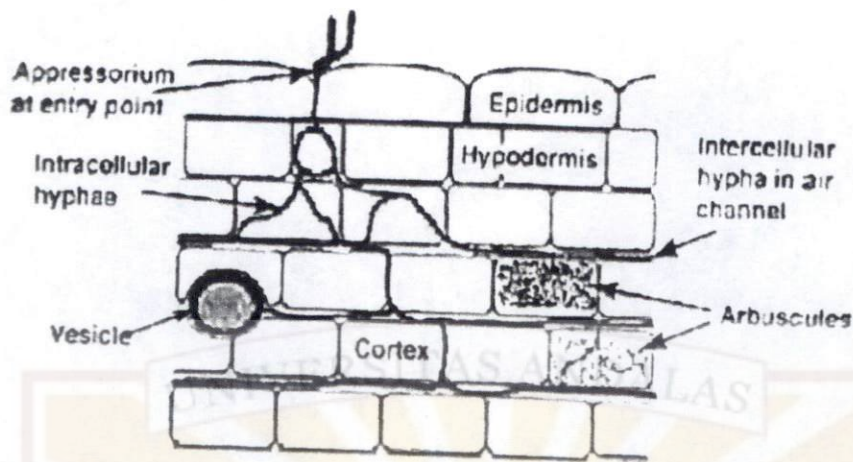


Gambar 1. Perkembangan dan taksonomi ordo Glomales (INVAM, 2003)

Pada umum, penetrasi mikoriza kedalam akar adalah melalui sel epidermis dan membentuk apresorium (struktur infeksi pada bagian sel pertama terluar). Apresorium masuk kedalam akar melalui celah antar sel epidermis, kemudian membentuk hifa intraseluler dan interseluler. Setelah proses penetrasi terjadi, tidak lama kemudian membentuk arbuskula dan vesikula.

FMA merupakan sumber daya alam hayati potensial yang dapat ditemukan diberbagai ekosistem (Setiadi., 1993) dan dapat berasosiasi dengan lebih dari 97% tanaman tingkat tinggi (Smith and Read, 1997). Informasi mengenai kesesuaian atau kompatibilitas FMA dengan tanaman kehutanan, perkebunan maupun komoditas komersial lainnya telah banyak dilaporkan. Untuk tanaman buah-buahan, seperti pisang (Jaizme-Vega dan Azcon, 1995; Declerck *et al.*, 1995), apel (Matsubara *et al.*, 1996), plum (Fortuna *et al.*, 1996), Strawberi (Chavec and Ferera-Cerrato, 1990), adpokat, nenas dan pepaya (Jaizme-Vega and Azcon, 1995). Brundrett and Walker (1999) dan Widen *et al* (1999) menambahkan bahwa respon tanaman akan lebih baik jika tanaman tersebut diinokulasi dengan jenis FMA yang cocok dengannya (kompatibel).

Diouf *et al.*, (2003) dalam Husin (1994) menggambarkan karakteristik FMA sebagai berikut, yaitu (a) sistem perakaran tanaman yang terinfeksi FMA tidak membesar, (b) cendawannya membentk struktur lapisan hifa tipis dan tidak merata pada permukaan akar, (c) hypa masuk ke dalam individu sel jaringan korteks, dan (d) pada umumnya ditemukan struktur percabangan hifa yang disebut arbuskula (arbuskules) dan struktur berbentuk oval yang disebut vesikula (Vesikel). Anatomi sederhana dari CMA dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur anatomi infeksi FMA pada sel korteks akar (Diouf *et al.*, 2003) dalam Husin (1994)

Mutu spesies cendawan yang terpilih, ditentukan oleh potensi inokulumnya. Potensi inokulum dimaksudkan sebagai kemampuan inokulan untuk menyebabkan kolonisasi akar pada suatu kondisi tertentu. Potensi inokulum dinyatakan sebagai jumlah spora per satuan bobot inokulan, persen kolonisasi akar tanaman inang yang digunakan, panjang miselia, dan jumlah propagul inokulan. Pada inokulan campuran potensi inokulum sering dinyatakan sebagai jumlah spora per satuan bobot inokulan (Sieverding, 1991). Juga dinyatakan inokulan campuran mengandung beberapa jenis propagul yang infeksiif selain spora, yaitu vesikel (khusus genus *Glomus*), dan hifa dari mikoriza.

Mikoriza yang kompatibel dengan tanaman inang dapat diperoleh dengan mengeksplorasi FMA indigenus yaitu berasal dari ekosistem setempat dan tanaman inang. Hasil eksplorasi mikoriza indigenus pisang di lahan endemik penyakit darah di Tabek Panjang, Pasar Usang ditemukan berturut-turut 5 genus dan 4 genus. Dari kawasan Cagar Alam Lembah Anai ditemukan 2 genus. Genus-genus tersebut adalah : *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, *Scutellospora* dan *Sclerocystis* (Suswati *et al.*, 2006).

Hasil pengujian di rumah kaca ditemukan bahwa jenis mikoriza tersebut memiliki kemampuan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sorghum dan jagung, meningkatkan ketahanan tanaman bawang merah terhadap bakteri *Xanthomonas axonopodis* pv. *allii* (Suswati, *et al.*, 2007).

FMA mempunyai pengaruh yang luas terhadap mikroba patogen dan non patogen dalam tanah. Inokulasi FMA dapat meningkatkan ketahanan tanaman melalui mekanisme supresif, terhambatnya pembentukan propagul infeksiif dan terhalangnya kolonisasi patogen pada akar tanaman yang bermikoriza (Kobayashi and Branch., 1991). Tanaman pisang Cavendish yang diaplikasi dengan *Glomus fasciculatum*, *G.etunicatum*, *Acaulospora* sp secara tunggal (single spora) dan multispora dapat meningkatkan ketahanan terhadap *R. Solanacearum* ras 2 (Yefriwati *et al.*, 2004), menurunkan tingkat kerusakan oleh *Radopholus similis* hingga 37.15% (Desfitri *et al.*, 2005). Hasil penelitian Harmet, (1999) diperoleh bahwa FMA berperan dalam menginduksi ketahanan sistemik kedelai terhadap penyakit pustul oleh *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*.

Kemampuan agen hayati dalam menginduksi tanaman yang rentan menurut Habazar (2001) disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: (1). Agen antagonis menghasilkan senyawa yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti zat pengatur tumbuh, meningkatkan ketersediaan fosfat bagi tanaman sehingga meningkatkan kesehatan tanaman dan tahan terhadap penyakit. (2). Agen antagonis menghasilkan senyawa yang merupakan sinyal bagi tanaman untuk memproduksi senyawa metabolit sekunder yang bersifat antimikroba seperti fitoaleksin.

Menurut Grandmaison *et al.*, 1993, melalui karakterisasi fitokimia, mendapatkan metabolit skunder dari kelompok fenolik, terutama ferulat, p-koumarat dan N-feruloitiramin, terikat pada dinding sel endomikoriza hasil asosiasi dengan mikoriza *Glomus intradices* dan *Glomus versiforme* perakaran bawang merah. Hasil tersebut juga mendasari dugaan peran metabolit yang sama pada ketahanan sel aktivitas enzim-enzim digestif yang dihasilkan patogen.

Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan dan hasil tanaman meningkat karena peranan mikoriza dalam perbaikan hara tanaman terutama hara P (Husin, 1994a dan Setiadi, 1998). Kemampuan FMA dalam memperbaiki status nutrisi tanaman dapat dimanfaatkan dalam mengefisienkan penggunaan pupuk buatan (terutama P). FMA dapat menggantikan hampir 50% P, 40% N dan 25% K pada anakan *Leucaena leucephala* (De La Cruz, 1988). Peningkatan penyerapan hara yang menguntungkan disebabkan karena volume tanah yang dieksplorasi hifa eksternal FMA meningkat 5-200 kali dibanding tanpa mikoriza (Sieverding, 1991). Pertumbuhan dan hasil pisang Abaca yang diberi FMA dan tithonia akan meningkat menjadi 200% di lahan kritis Danau Singkarak (Husin dan Eddiwal, 2003).

2.3 Formulasi FMA

Penggunaan FMA dalam skala yang luas sering kali dibatasi oleh adanya hambatan dalam memformulasi inokulan. Hambatan utama dalam memformulasi inokulan endomikoriza adalah karena mikoriza ini bersifat simbiosis obligat yang harus ditumbuhkan dalam tanaman sebagai inang (*host*) dimana tidak dapat hidup dalam biakan murni (Setiadi, 1996). Juga dinyatakan, formulasi inokulan mikoriza dapat dilakukan dengan memanfaatkan sumberdaya alam yang tersedia dan murah (mikoriza *indigenus*), sehingga prinsip ekologis-ekonomis dapat diwujudkan.

Dalam memproduksi inokulum FMA digunakan bahan pembawa yang khusus seperti vermikulit, zeolit, gambut (Borea, 1988 dalam Setiadi, 1996), pasir kali (Husin, 1992), arang sekam (Simanungkalit dan Riyanti, 1994) dan pupuk yang mempunyai komposisi kimia khusus seperti *hyponex* merah (30 : 10 : 10). Media tanam yang banyak digunakan adalah zeolit, tetapi sulit didapat dan harganya relatif mahal. Media campuran tanah dan pasir kali (1:1) menunjukkan jumlah spora dan derjat infeksi akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan media zeolit (Anas dan Tampubolon, 2004).

Pengemasan inokulum berbagai jenis cendawan mikoriza dalam satu kemasan inokulum merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan hasil pertumbuhan tanaman yang optimal. Teknik pengemasan inokulan disesuaikan dengan keberadaannya di alam. Inokulum kelompok cendawan endomikoriza umumnya lebih mudah dikemas dalam bentuk granular pasir (Setiadi, 1996).

Dosis dan bentuk inokulan yang telah diaplikasikan pada berbagai jenis tanaman diantaranya : 50 gram/pot, bentuk inokulan spora pada padi gogo (Sanni, 1976 dalam Setiadi, 1998); 2 gram/stek, bentuk inokulan akar terinfeksi pada ubi kayu : 100 gram/pot bentuk inokulan tanah pada kedelai (Simanungkalit, 1993) : 1 tablet/pot (450 g pasir + lempung) pada *white clover* (Momo dan Kilman, 1987 dalam Setiadi, 1998).

Pada saat ini inokulum yang dipergunakan untuk inokulasi mikoriza pada berbagai jenis tanaman komersil telah dimodifikasi dalam bentuk yang lebih praktis (Fakuara dan Wilarso, 1990 dalam Simanungkalit, 2000). Namun demikian bentuk kemasan inokulan harus memiliki persyaratan kemudahan untuk aplikasi, murah dan efektif. Untuk menjaga kestabilan efektifitas isolat FMA yang terseleksi maka perlu dilakukan standarisasi mutu inokulan FMA yang dapat memberikan respon tanaman seperti yang diharapkan sehingga melindungi para pengguna. Oleh karena itu isolat

FMA akan diperbanyak secara massal dalam dua media tanam, kedua bahan tersebut tersedia dalam jumlah banyak di Provinsi Sumatera Barat yaitu pasir sungai dan pasir bukit. Pertanian Sumatera Barat, 2005 menjelaskan bahwa Sumatera Barat memiliki luas wilayah 4.222.973 Ha dimana 1.165.145 Ha dengan kemiringan 0-2% ; 649.901 Ha berombak dan bergelombang, 658.926 Ha berbukit sampai bergunung dan 1.755.778 daerah bergunung dengan kemiringan 40%. Daerah yang berbukit merupakan sumber pasir yang sangat potensial untuk memperbanyak inokulan FMA.

Isolat yang diperbanyak akan diperkaya dengan penambahan batuan fosfat (fosfat alam). Batuan fosfat dengan rumus $(Ca_{10}(PO_4.CO_3)_6(F,Cl,OH)_2)$ terdapat sebagai batuan endapan yang mempunyai kadar 15-30% P_2O_5 (Zubair, 1997; Kasno, 1999). Pupuk ini selain mengandung P, juga mengandung hara Ca yang cukup tinggi, sehingga sekaligus berguna untuk meningkatkan kolonisasi mikoriza, disamping sebagai sumber hara Ca dan Mg bagi tanaman. Menurut Kabirun, 2002 bahwa pengaruh inokulasi mikoriza dan pupuk batuan fosfat (fosfat alam) dapat meningkatkan berat kering akar tajuk dan serapan P akar padi gogo dibandingkan dengan kontrol. Serapan P akar meningkat berturut-turut sebesar 113,24%, 110,15% dan 10,35%. Hasil ini menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza dan pupuk batuan fosfat dapat meningkatkan serapan P tanaman.

Adanya peningkatan kemampuan penyerapan P oleh tanaman yang terinfeksi mikoriza disebabkan karena adanya peningkatan aktivitas enzim *fosfatase* pada rhizosfir dan akar tanaman. Menurut Dodd, (1987) *cit* Ekamawanti, 1989) membuktikan bahwa tingkat aktivitas fosfatase akar dari rhizosfir tanaman gandum yang terinfeksi FMA (*Glomus geosporum* dan *G.mosseae*) lebih tinggi dibandingkan kontrol dan secara nyata meningkatkan konsentrasi P tajuk dan pertumbuhan. Mosse (1981), melaporkan bahwa

FMA dapat membantu pengambilan fosfor dengan cara memperluas permukaan serapan akar dengan adanya miselium yang menyebabkan tanaman mampu memanfaatkan P yang semula tidak tersedia. Dalam hal ini FMA bukan pengganti pupuk yang dibutuhkan tanaman tetapi membantu tanaman lebih banyak menyerap unsur P yang diberikan kedalam tanah.

Kualitas inokulan berdasarkan lamanya penyimpanan, menunjukkan bahwa makin lama penyimpanan semakin berkurang propagul infeksi. Jumlah spora yang dihasilkan menurun, dan berbeda antar satu isolat dengan isolat lainnya. Penyimpanan selama satu bulan menunjukkan propagul infeksi yang relatif besar, yakni jumlah spora mencapai 93-216 per gram tanah, dan persentase infeksi mencapai 90-100% (Corryanti, 2003). Mutu inokulan FMA menurun cepat pada suhu penyimpanan yang tinggi, karena itu untuk mempertahankan mutunya, inokulan sebaiknya disimpan pada suhu 5°C (Simanungkalit, 1979).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Mikrobiologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang, dan rumah kaca di Kelurahan Alai Parak Kopi, Kecamatan Padang Utara. Pelaksanaan dari bulan Desember 2008 sampai Juli 2009, jadwal penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.2 Bahan dan Alat

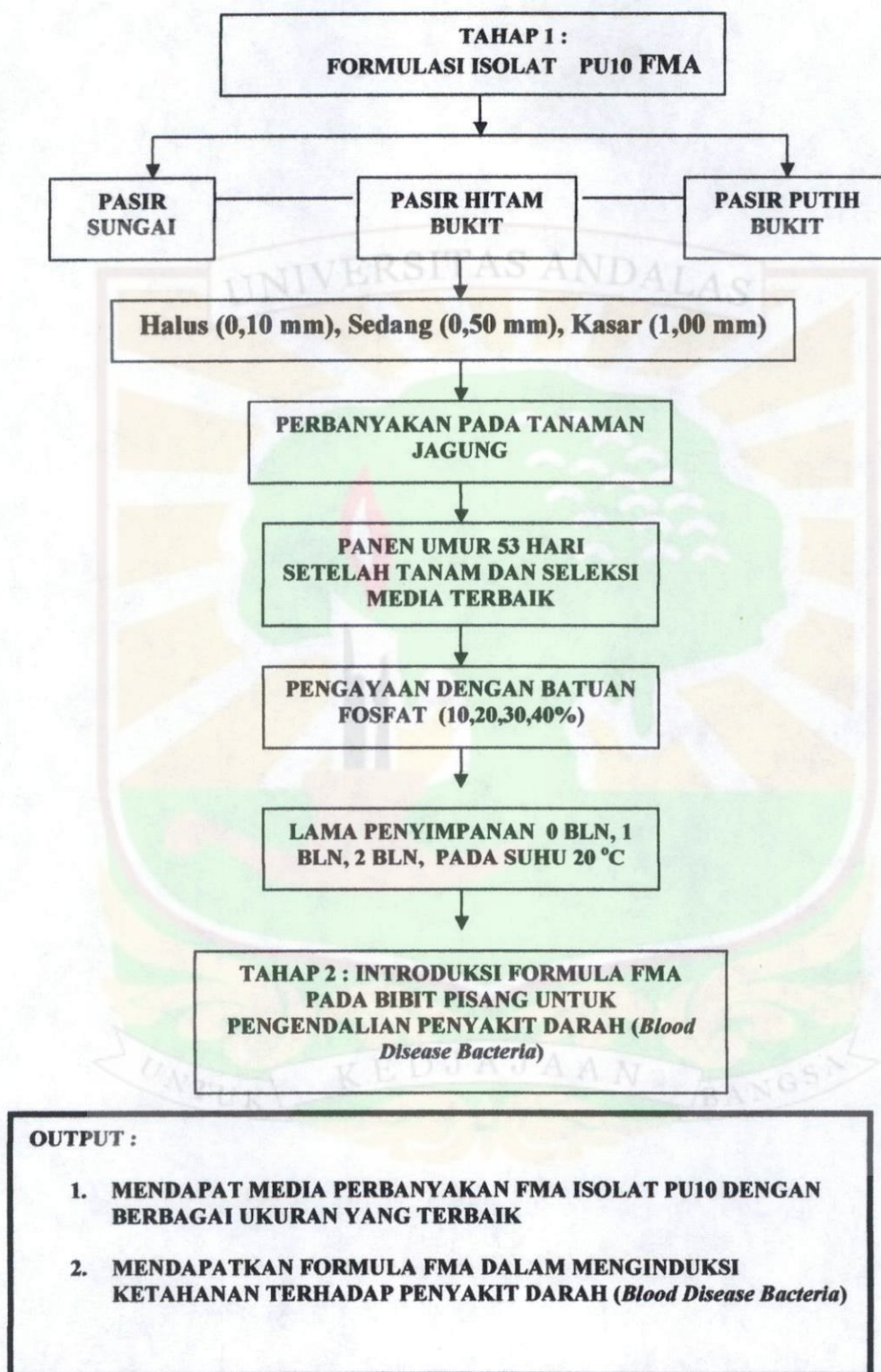
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah : bibit pisang Kultivar Kepok benih jagung varietas hibrida N 35, isolat FMA PU10, *polybag*, *Growth more* (30 : 10), kutek bening, akuades, *alluminium foil*, asam laktat, gliserol, *Tryphan blue*, HCl, KOH, Glukosa, *Polyvinil glycol* (PVLG), Reagen *Melzer's*, kertas saring *Whatman* (R), tanah.

Alat yang digunakan adalah penangas air, *autoclave*, *laminar air flow*, *rotary evaporator*, *shaker*, cawan Petri, *micropipet* 20 μ l, *colony counter*, pinset, pinset spora, bunsen, gelas piala, pipet ukur volume 20 ml, corong pisah, *hot plate* (IEC (R)), satu set saringan spora bertingkat (53, 125, 250, dan 500 μ m), ayakan pasir (diameter 0,10 mm, 0,50 mm, 1,00 mm), *sentrifuse*, mikroskop binokuler, mikroskop *disecting*, oven, pinset spora, timbangan analitik.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu 1) Formulasi FMA menggunakan beberapa bahan pembawa dan pengayaan formula FMA, 2) Introduksi formula FMA pada bibit pisang untuk pengendalian penyakit darah bakteri.

BAGAN ALIR PENELITIAN



3.3.1 Tahap 1. Formulasi FMA menggunakan beberapa bahan pembawa

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan beberapa bahan pembawa dengan berbagai ukuran dan nutrisi formula FMA yang terbaik. Penelitian ini terdiri dari 2 kegiatan.

3.3.1.1 Pengujian Formulasi FMA menggunakan beberapa bahan pembawa FMA

Penelitian ini disusun menurut menurut Faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 ulangan yang terdiri atas 2 faktor :

a. Faktor pertama adalah medium pembawa

A1 : Pasir sungai (PS) dari Kelurahan Kuranji, Kec. Kuranji, Kotamadya Padang

A2 : Pasir putih (PP) dari bukit di Nagari Palato, Kec. 2 x 11 Enam Lingsung, Kab. Padang Pariaman

A3 : Pasir hitam (PH) dari bukit di Nagari Aie Angek, Kec. 10 Koto, Kab. Tanah Datar

b. Faktor kedua adalah ukuran bahan pembawa

B1 : Halus (H) (diameter 0,10 mm)

B2 : Sedang (S) (diameter 0,50 mm)

B3 : Kasar (K) (diameter 1,00 mm)

Data dianalisis secara sidik ragam, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan DNMRT pada taraf nyata 5 %.

3.3.1.2 Introduksi formula FMA pengayaan dengan batuan fosfat pada bibit pisang Kepok

Formula FMA dilakukan pada formula dengan bahan pembawa yang terbaik (hasil tahap 1) menggunakan 4 (empat) dosis (10, 20, 30, 40 %). Penelitian tahap ini

menggunakan Rancangan Faktorial 2 faktor dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) 5 ulangan.

Faktor pertama adalah dosis batuan fosfat

A : Kontrol (Tanpa formula FMA + tanpa batuan fosfat)

B : Inokulan FMA (Tanpa batuan fosfat)

C : Formula FMA (10% Batuan Fosfat)

D : Formula FMA (20% Batuan Fosfat)

E : Formula FMA (30% Batuan Fosfat)

F : Formula FMA (40% Batuan Fosfat)

Faktor kedua adalah lama penyimpanan

B1 : 0 Bulan

B2 : 1 Bulan

B3 : 2 Bulan

Data dianalisis secara sidik ragam, apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan

DNMRT pada taraf 5 %.

3.3.1.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1.3.1 Formulasi FMA dengan bahan pembawa

1. Perbanyak Inokulan FMA

Inokulan FMA yang digunakan adalah isolat PU10 (koleksi Prof.Dr.Ir.Eti Farda Husin *et al.*, 2007). Isolat tersebut diperbanyak pada tanaman jagung dengan bahan pembawa pasir sungai dengan cara sebagai berikut : 20 gr inokulan isolat PU10 dimasukkan ke dalam lubang tanam di dalam pot besar (diameter 30 x 40 cm) yang berisi 4 kg pasir steril, ditutup dengan selapis tipis pasir (1 cm), di tanam 2 biji jagung varietas hybrid N35. Tanaman dipelihara melalui penyiraman dan pemupukan. Pupuk yang digunakan adalah rendah P yaitu *Growth more* (30:10:10). Pemberian pupuk

dalam bentuk cair (konsentrasi 0,1 %), sebanyak 20 ml dengan frekuensi 2 kali dalam seminggu (Gambar 3).



Gambar 3. Perbanyakkan inokulan FMA pada tanaman jagung

Tanaman di panen pada stadia awal berbunga (50 % munculnya malai), bagian atas tanaman dipotong dan dipisahkan. Bagian akar didalam pot dibiarkan kering untuk merangsang pembentukan spora. Setelah kering bagian akar dipotong-potong dengan ukuran 2 cm, diaduk dengan media tanam, merupakan inokulan FMA dalam bentuk kumpulan spora, hifa, potongan akar terkolonisasi dalam media tanam. Sebelumnya diamati kepadatan spora dan kolonisasi akar FMA.

Pengecekan kepadatan spora dilakukan dengan cara pengambilan 10 gram inokulan FMA dimasukan ke dalam gelas piala 500 ml ditambah 200 ml akuades steril, kemudian diaduk dan dibiarkan selama 30 detik. Suspensi spora disaring dengan ukuran 500 μm , 250 μm , 106 μm dan 50 μm . Sisa yang terkumpul pada saringan 50 μm dipindahkan kedalam tabung sentrifus dan ditambah glukosa 60%, kemudian disentrifus selama 10 menit dengan kecepatan 1000 rpm. Spora di dalam tabung sentrifus dituangkan ke ayakan 50 μm dan secara hati-hati dicuci dengan air untuk

menghilangkan glukosa. Spora yang tertahan pada saringan dipindahkan ke dalam cawan petri dan diamati dibawah mikroskop (Gardemenn dan Nicholson *cit* Setiadi *et al.*, 1992).

Sedangkan pengecekan kolonisasi akar FMA, akar tanaman dicuci dengan air mengalir dan dikering anginkan kemudian dipotong-potong sepanjang 1 cm, dimasukkan ke dalam tabung reaksi, ditambahkan 10% KOH sampai akar terendam dan dipanaskan selama 15 menit. Akar tersebut dibilas dengan air, dimasukkan lagi ke dalam tabung reaksi, ditambah 2 % HCl hingga terendam selama 10 menit, dan dicuci dengan air mengalir. Akar diwarnai dengan komposisi yaitu Laktofenol (gliserin + asam laktat + air dengan perbandingan 2 : 2 : 1 (400 ml : 400 ml : 200 ml) dan *Trypan blue* 0.5 g. Perendaman dengan larutan laktofenol *Triphan blue*, selama 24 jam, setelah itu larutan dibuang dan diganti dengan larutan laktofenol tanpa *Triphan blue*, dan diamati dibawah Mikroskop (pembesaran 10 x 40 atau 400x).

Bidang pandang yang menunjukkan tanda-tanda kolonisasi (terdapat vesikel dan atau arbuskula atau hifa) diberi tanda (+) sedangkan yang tidak ditemukan tanda-tanda kolonisasi diberi tanda (-). Persentase kolonisasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ kolonisasi akar} = \frac{\sum \text{Bidang pandang tanda} +}{\sum \text{Bidang pandang keseluruhan}} \times 100\%$$

Tabel 1. Kriteria penilaian persentase kolonisasi akar (Giovannetti dan Mosse, (1980) *cit* Setiadi *et al.*, 1992.

Kelas	Kategori kolonisasi
1	0 - 5 % (sangat rendah)
2	6 - 26% (rendah)
3	27 - 50% (sedang)
4	51 - 75% (tinggi)
5	76 - 100% (sangat tinggi)

2. Penyiapan bahan pembawa formula FMA

Semua jenis bahan pembawa (gambar 4) dipisahkan berdasarkan ukuran sesuai perlakuan menggunakan ayakan pasir menurut kriteria Ahmad (1980) sebagai berikut : ukuran halus (0,10 mm), sedang (0,50 mm), kasar (1,00 mm) (Lampiran 3). Masing-masing bahan pembawa dicuci sampai bersih, kemudian disterilisasi menggunakan dandang pada suhu 100 °C selama 1 jam dan didinginkan. Bahan pembawa steril sebanyak 4 kg, dimasukkan dalam pot plastik diameter 30 x 40 cm.



Gambar 4. Bahan pembawa formula FMA, A. pasir sungai, B. pasir putih dari bukit, C. pasir hitam dari bukit

3. Perbanyak FMA pada beberapa jenis bahan pembawa

Cara memperbanyak FMA menggunakan berbagai jenis bahan pembawa sama dengan perbanyak inokulan FMA (3.4.1.1). Kondisi tanaman jagung setelah diintroduksi dengan FMA dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses formulasi FMA dengan berbagai jenis bahan pembawa, A. Perbanyakan FMA pada tanaman jagung, pasir sungai kasar (PSK), pasir sungai sedang (PSS), pasir sungai halus (PSH), pasir putih kasar (PPK), pasir putih sedang (PPS), pasir putih kasar (PPK), pasir hitam kasar (PHK), pasir hitam sedang (PHS), pasir hitam halus (PHH), B. awal berbunga (awal munculnya malai), C. pengeringan inokulan FMA (5hari)

3.3.1.4 Pengamatan

1. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur mulai dari leher akar sampai daun terpanjang. Pengamatan dimulai satu minggu setelah tanam dengan interval waktu sekali seminggu.

2. Jumlah daun (helai)

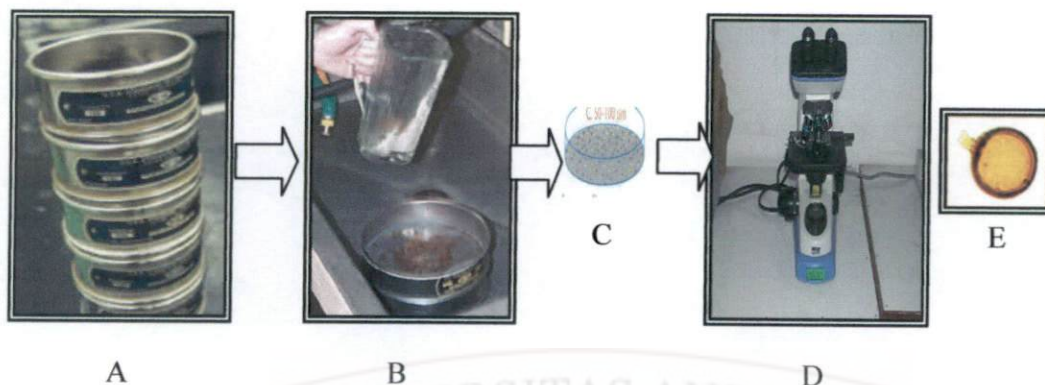
Jumlah daun dihitung pada saat tanam berumur satu minggu dengan interval waktu sekali seminggu.

3. Persentase kolonisasi akar oleh FMA

Kolonisasi FMA pada akar tanaman jagung diamati pada saat panen. Persentase kolonisasi FMA dihitung dengan *metode slide* (Giovannetti dan Mosse, 1980) (3.3.1.3.1.1).

4. Kepadatan spora FMA

Kepadatan spora dihitung pada akhir pengamatan, 10 gram formula FMA dimasukkan ke dalam gelas piala 500 ml ditambah 200 ml akuades steril, kemudian diaduk dan dibiarkan selama 30 detik. Suspensi spora disaring dengan ukuran 500 μm , 250 μm , 106 μm dan 50 μm (Gambar 6A). Sisa yang terkumpul pada saringan 50 μm dipindahkan kedalam tabung sentrifus dan ditambah glukosa 60%, kemudian disentrifus selama 10 menit dengan kecepatan 1000 rpm. Spora di dalam tabung sentrifus dituangkan ke ayakan 50 μm dan secara hati-hati dicuci dengan air untuk menghilangkan glukosa. Spora yang tertahan pada saringan dipindahkan ke dalam cawan Petri (Gambar 6C) dan diamati dibawah mikroskop (Gambar 6D) (Gardemenn dan Nicholson *cit* Setiadi *et al.*, 1992).



Gambar 6. Teknik pengamatan spora mikoriza, A. Saringan bertingkat, B. Saringan ukuran 50 μm , C. kumpulan spora FMA pada cawan Petri, D. Mikroskop binokuler, E. Spora FMA

5. Bobot kering tanaman

Penimbangan bobot kering tanaman dilakukan pada akhir pengamatan. Sebelum tanaman ditimbang tanaman dicuci dengan air mengalir. Tanaman dipotong-potong dan dibungkus dengan koran kemudian ditimbang. Selanjutnya tanaman dikeringkan dalam oven selama 4 x 24 jam pada suhu 60 °C, setelah itu ditimbang berat kering tanaman.

3.3.2 Tahap 2. Introduksi Formula FMA pada bibit pisang untuk pengendalian penyakit darah (*Blood Disease Bacteria*)

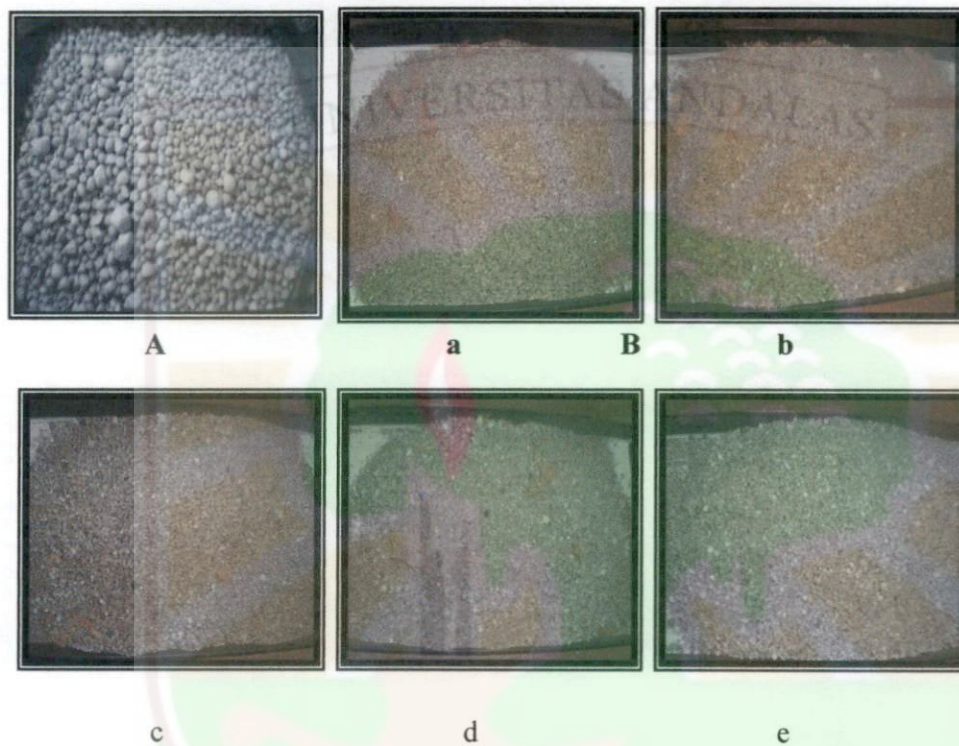
Bentuk formula terbaik dari tahap 1 dengan dosis yang berbeda dan lama penyimpanan dilanjutkan terhadap introduksi pada bibit pisang umur satu bulan aklimatisasi.

3.3.2.1 Pelaksanaan Penelitian

3.3.2.1.1 Pengayaan formula FMA dengan batuan fosfat

Pengayaan formula FMA dengan batuan fosfat (Gambar 7A) (*Rock fosfat* Produksi Petrokimia Gresik) dilakukan pada formula dengan bahan yang terbaik (hasil tahap 1) menggunakan 4 dosis batuan fosfat : 10, 20, 30, 40% (Gambar 7B). Dengan cara masing-masing dosis batuan fosfat 10 % (100 gr batuan fosfat dicampur 900 gr

inokulan FMA PU10), 20 % (200 gr batuan fosfat dicampur 800 gr inokulan FMA PU10), 30 % (300 gr batuan fosfat dicampur 700 gr inokulan FMA PU10), 40 % (400 gr batuan fosfat dicampur 600 gr inokulan FMA PU10) dapat dilihat pada Gambar 5b. Masing – masing perlakuan di simpan dalam waktu yang berbeda (0,1,2 bulan).



Gambar 7. Pengayaan formula CMA dengan batuan fosfat. A Batuan fosfat (Rock fosfat), B. Formula FMA : a. Inokulan FMA, b.10 %; c. 20 %; d. 30%; e. 40%

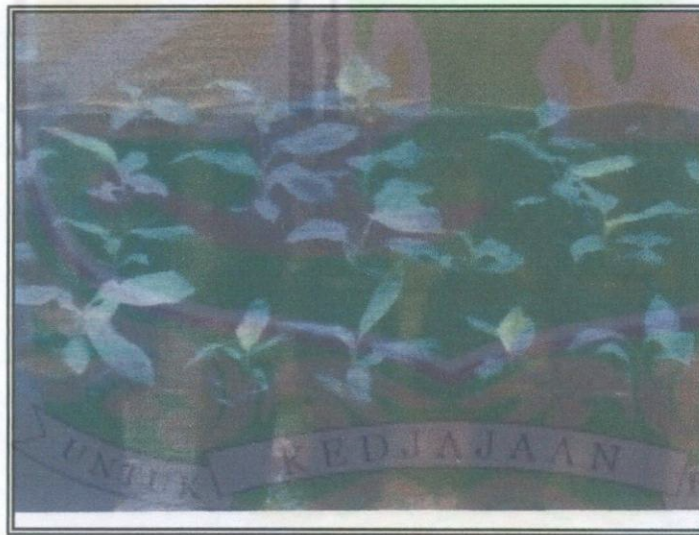
3.3.2.1.2 Masa Penyimpanan formula FMA

Untuk mengetahui lama bertahannya propagul infeksi formula FMA maka dilakukan pengujian masa simpan 0,1 dan 2 bulan AC suhu 20 °C. Formula FMA disusun dalam RAK sesuai dengan perlakuan.

3.3.2.1.3 Persiapan Tanah dan Bibit Pisang

Tanah yang digunakan untuk pembibitan adalah jenis tanah Ultisol dari Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Limau Manis. Tanah diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm (lapisan olah), dikeringanginkan dan dihaluskan serta diayak dengan ayakan berdiameter 2 mm, dicampur rata agar homogen, selanjutnya disterilisasi dengan dandang pada suhu 100 °C. Setelah dingin, tanah dimasukkan kedalam polibag, setiap polibag diisi 6 kg tanah dan disiram hingga kapasitas lapang.

Bibit pisang yang digunakan adalah kultivar Kepok berasal dari Balai Penelitian Tanaman Buah (BALITBU), Solok. Bibit tersebut merupakan hasil perbanyakan kultur jaringan yang berumur satu bulan aklimatisasi (Gambar 8) dan deskripsi tanaman pisang Kepok dapat dilihat pada Lampiran 4.

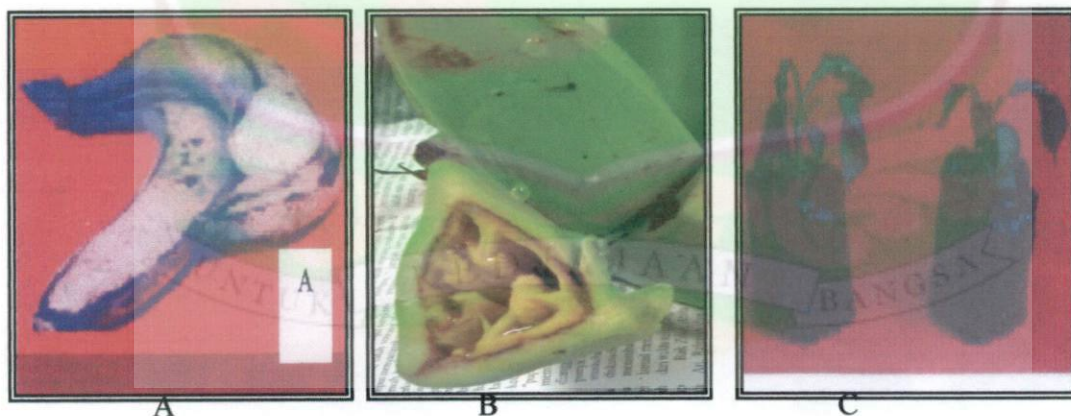


Gambar 8. Bibit pisang kultur jaringan yang berumur 1 bulan setelah aklimatisasi (sebelum aplikasi FMA)

3.3.2.1.4 Penyiapan Inokulum Patogen

Sampel tanaman yaitu berupa buah dari tanaman pisang yang terserang penyakit layu bakteri diambil dari daerah Baso, Kabupaten Agam (Gambar 9A dan 9B). Sampel buah dibungkus dalam koran dan selanjutnya patogen diisolasi di Laboratorium, bagian buah yang bergejala dipotong 1 cm dengan membawa bagian yang sehat, disterilisasi permukaannya dengan alkohol 70% dan dibilas dengan akuades steril. Potongan pisang tersebut dimaserasi dalam lumpang porselin dan ditambahkan 5 ml akuades steril. Suspensi tersebut dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 5 ml (pengenceran 10^{-1}), dan diinokulasi pada tanaman berumur 2 bulan, kemudian disungkup dengan plastik bening dan diikubasi sampai munculnya gejala.

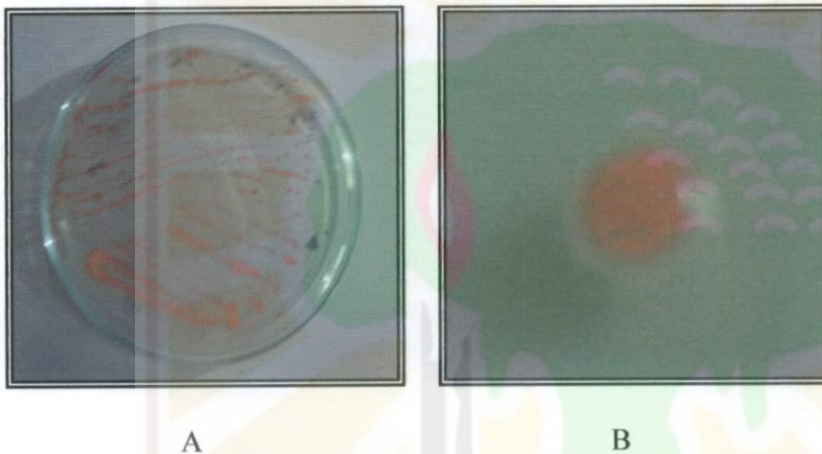
Bibit pisang yang menunjukkan gejala layu digunakan sebagai sumber inokulum. Bekas tempat inokulasi dipotong 2 cm, disterilisasi permukaan dengan alkohol 70% dan dibilas dengan akuades steril. Potongan tersebut dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml akuades steril dan dibuat seri pengenceran sampai 10^{-6} .



Gambar 9. Gejala serangan BDB pada buah dan bibit pisang ; A. Buah pisang sehat, B. Penampang melintang buah pisang sakit, C. Bibit yang layu BDB (7 hari setelah inokulasi (hsi))

a. Isolasi dan identifikasi isolat BDB

Bakteri diisolasi, 1 ml suspensi bakteri dari masing-masing pengenceran seri 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} (dari perbanyakan sumber inkulum) dipindahkan ke cawan petri kemudian ditambah medium TZC, diinkubasi selama 2 hari pada temperatur ruangan. Dari biakan tersebut dipindahkan 4/5 koloni (Gambar 10B) yang dominan yang menunjukkan gejala BDB secara gores (Gambar 10A) pada medium TZC yang baru dan diinkubasi selama 2 hari setelah inokulasi (hsi).



Gambar 10. Biakan murni BDB pada media TTC 48 jam dan tunggal BDB ;
A. Biakan murni dengan metoda gores (10x), B. Koloni tunggal (20x)

a.1. Sifat morfologi koloni

Pengamatan morfologi koloni bakteri pada medium TZC yang berumur 3 hari setelah inkubasi meliputi bentuk, ukuran pinggiran, warna, bentuk permukaan (hasilnya dapat dilihat pada Lampiran 5).

a.2 Sifat fisiologi

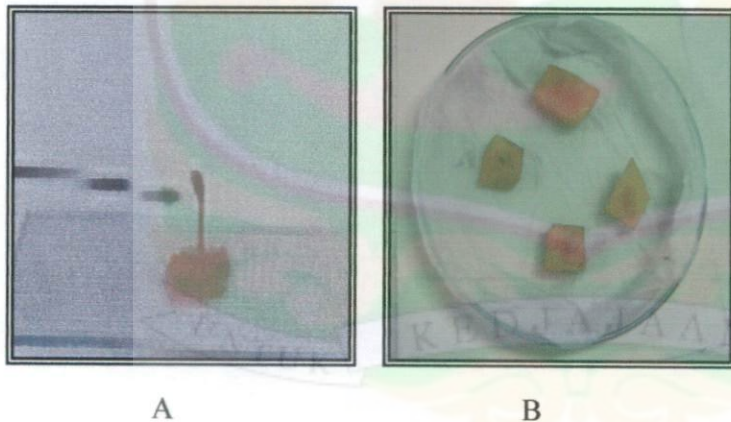
a.2.1 Reaksi Gram

Pengujian reaksi Gram bertujuan untuk mengetahui sifat bakteri tergolong gram negatif atau positif. Pengujian ini menggunakan metoda Sand *et al.*, 1990).

Larutan KOH 3% diteteskan pada gelas objek, kemudian diambil satu koloni bakteri dengan jarum ose dan diaduk secara merata. Dari hasil pengujian menunjukkan terjadinya pengumpalan, maka bakteri tergolong Gram negatif (Gambar 11A dan Lampiran 5).

a.2.1 Uji pektinase

Pengujian pektinase bertujuan untuk mengetahui isolat bakteri yang menghasilkan enzim pektinase. Uji ini menggunakan metoda Schaad (1988), bahan yang digunakan adalah potongan kentang setebal 1 cm, kemudian disterilkan permukaannya dengan alkohol 70% dan dibilas dengan akuades steril. Irisan kentang kemudian diletakkan dalam cawan petri yang dilapisi kertas saring lembab dan diinokulasi dengan satu ose koloni bakteri dan diinokubasikan selama 72 jam. Pada bagian yang diinokulasi terjadi perubahan warna menjadi coklat kehitaman dan pembusukan, menunjukkan bahwa bakteri bersifat positif yang menghasilkan enzim pektinase (Gambar 11B dan Lampiran 5).



Gambar 11. Sifat fisiologis BDB; A. Gram negatif; B. Pektinase positif

b.2.3 Uji Patogenisitas

b.2.3.1 Reaksi Hipersensitif

Uji ini menggunakan metoda Klement *et al.*, (1990) bertujuan mengetahui daya patogenisitas isolat bakteri pada daun *Mirabilis jalapa*. Suspensi bakteri dengan kerapatan 10^8 berdasarkan skala Mc Farland (1987) dalam Klement *et al.*, (1990), diinfiltrasikan pada permukaan bawah daun *Mirabilis jalapa* sampai jenuh. Sebagai kontrol daun diinfiltrasikan dengan akuades steril. Pada daun *Mirabilis jalapa* yang diinfiltrasi dengan suspensi bakteri BDB terjadi nekrosis (Gambar 12A dan Lampiran 4) dalam waktu 48 jam, sedangkan daun yang diinfiltrasi dengan air steril tidak menunjukkan perubahan.

b.2.4.2 Patogenisitas pada bibit pisang

Sumber inokulum patogen diperoleh dari suspensi buah yang terinfeksi, dengan cara menyiramkan 20 ml suspensi bakteri pada ujung akar yang telah dilukai pada tanaman pisang berumur 2 bulan. Tanaman yang diinokulasikan disungkup dengan kantong plastik dan diinkubasi di rumah kawat. Patogenisitas isolat ditandai dengan kemampuan bakteri yang menimbulkan penyakit berupa klorosis, penguningan dan layu daun (Gambar 12B dan Lampiran 5). Hasil pengujian patogenisitas pada bibit pisang berumur 2 bulan mempunyai tingkat virulensi 11 hari setelah inokulasi telah menunjukkan gejala nekrotik pada daun.



Gambar 12. Gejala layu uji Patogenesis BDB, A. Gejala nekrotik Reaksi Hipersensitif (HR) dari BDB pada daun *Mirabilis jalapa* (48 jam), B. Gejala layu uji patogenesis pada bibit pisang

3.3.2.1.5 Introduksi Formula FMA pada bibit pisang

Introduksi formula FMA bersamaan dengan penanaman bibit pisang. Bagian tengah media dari masing-masing polybag dibuat lubang sedalam lebih kurang 5 cm dan diberi formula FMA yang mengandung 80 spora, beratnya 10 gram yang sebelumnya sudah distandarisasi.

3.3.2.1.6 Inokulasi *Blood Disease Bacteria*

Tanaman diinokulasi bakteri BDB pada umur dua bulan setelah introduksi formula FMA ((kolonisasi akar oleh FMA telah mencapai > 50%). Teknik inokulasi melalui pelukaan akar dengan cara penyiraman 20 ml suspensi bakteri (populasi 10^6 upk/ml) (diukur dengan fotometer Spektronik pada panjang gelombang 660 nm, dengan nilai absorban 0.06). Untuk menjaga kelembaban agar tetap tinggi maka bibit pisang disungkup dengan kantong plastik.

3.3.2.1.7 Pemeliharaan

Bibit pisang ini meliputi penyiraman, penyiangan dan pemupukan. Pupuk yang digunakan adalah pupuk Urea, TSP dan KCl dengan 25% dosis rekomendasi yaitu :

12,5 g Urea, 3,75 g TSP (bulan ke-1); 15,5 g Urea, 3,75 g TSP dan 10 g KCl (bulan ke-2). (Subakti dan Supriyanto., 1996).

3.3.2.2 Pengamatan

1. Masa inkubasi

Masa inkubasi dari bakteri diamati setiap hari setelah tanaman diinokulasi *Blood Disease Bacteria*. Hal ini ditandai dengan munculnya gejala awal yaitu terjadinya menguningnya daun yang dimulai pada bagian tengah dekat pelepah daun (Baharuddin, 1994)

Efektivitas perlambatan masa inkubasi dihitung dengan rumus seperti berikut :

$$E_M = \frac{(M_k - M_p)}{M_k} \times 100\%$$

E_M = Efektivitas perlambatan masa inkubasi

M_k = Masa inkubasi pada kontrol

M_p = Masa inkubasi pada perlakuan

2. Persentase tanaman terserang

Persentase tanaman terserang diamati setelah muncul gejala pertama sampai tanaman berumur 3 bulan dengan selang waktu 7 hari. Dengan rumus : $TS = a/b \times 100\%$, TS = persentase tanaman terserang, a = jumlah tanaman terserang, b = total tanaman.

Efektivitas penekanan intensitas penyakit dihitung berdasarkan rumus Sivan dan Chet (1986 *cit* Rahma, 2000) yaitu

$$E_1 = 1 - DT.DC^{-1} \times 100\%$$

E_1 = Efektivitas penekanan persentase serangan penyakit

DT = Persentase serangan pada perlakuan

DC = Persentase serangan pada kontrol

3. Diskolorasi batang semu

Pengamatan diskolorasi batang semu dilakukan dengan cara membelah batang semu lalu mengukur jaringan batang semu yang berubah warna dari putih menjadi kecoklatan, ke arah atas dan bawah tempat penyuntikan inokulum.

Efektivitas penekanan diskolorasi dihitung dengan rumus berikut :

$$ED = (D_k - D_p) / D_k \times 100\%$$

E_D = Efektivitas penekanan diskolorasi

D_k = Panjang diskolorasi pada kontrol

D_p = panjang diskolorasi pada perlakuan

4. Kepadatan populasi BDB

Jumlah bakteri ditentukan dengan menghitung koloni bakteri pada medium TTC yang berasal dari pengenceran terakhir suspensi bakteri dari masing-masing perlakuan yang dilakukan pada 1, 3, 6, 9 setelah inokulasi. Jumlah bakteri dihitung dengan menggunakan rumus Klement *et al.*, (1990) :

$$JB = A \times B$$

JB = Jumlah bakteri

A = Jumlah koloni bakteri

B = Faktor pengenceran

5. Persentase kolonisasi akar bibit pisang

Persentase kolonisasi CMA pada akar bibit pisang diamati pada dua tahap yaitu sebelum diinokulasi BDB (umur satu bulan sebelum diinokulasi BDB) dan setelah diinokulasinya BDB (umur dua bulan). Persentase kolonisasi FMA dihitung dengan metode slide (Giovannetti dan Mosse, 1980), cara kerja dapat dilihat pada 3.3.1.3.1.1.

6. Kepadatan spora CMA pada rhizosfir bibit pisang

Kepadatan spora dihitung pada akhir pengamatan, cara kerja dapat dilihat pada 3.3.1.4.4.

7. Pertumbuhan tanaman

7.1 Tinggi tanaman (cm)

Tinggi bibit diukur mulai dari leher akar sampai pada daun terpanjang. Pengamatan dimulai saat bibit berumur 1 minggu setelah tanam dengan interval waktu sekali seminggu.

7.2 Jumlah daun (helai)

Jumlah daun dihitung untuk daun yang telah membuka sempurna. Pengamatan dimulai saat bibit berumur 1 minggu setelah tanam dengan interval waktu sekali seminggu.

7.3 Bobot kering tanaman

Penimbangan berat kering tanaman dilakukan pada akhir pengamatan, yang diambil satu tanaman perperlakuan. Sebelum tanaman ditimbang tanaman dicuci dengan air mengalir. Tanaman dipotong-potong dan dibungkus dengan koran kemudian ditimbang. Selanjutnya tanaman dikeringkan dalam oven selama 4 x 24 jam pada suhu 60 °C, setelah itu ditimbang berat kering tanaman.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Formulasi FMA Menggunakan Beberapa jenis Bahan Pembawa

4.1.1 Persentase kolonisasi akar dan kepadatan spora FMA pada tanaman jagung

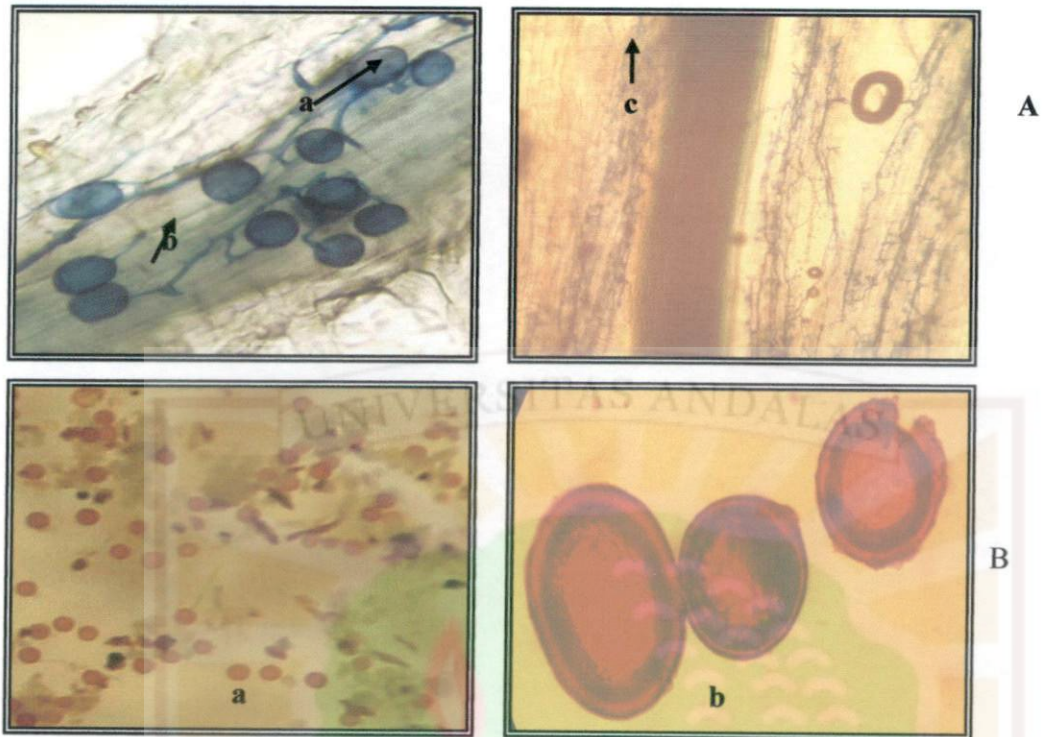
Persentase kolonisasi akar dan kepadatan spora FMA pada tanaman jagung berbeda antar jenis bahan pembawa, terlihat bahwa jenis bahan pembawa yang terbaik adalah pasir sungai ukuran kasar yaitu persentase kolonisasi (85 %) dengan kelas 5, kategori kolonisasi sangat tinggi dan kepadatan spora (124,8/10 g inokulan). Selanjutnya diikuti pasir sungai ukuran sedang yaitu persentase kolonisasi (81.20 %) dengan kelas 5, kategori sangat tinggi dan kepadatan spora 119,80/10 g inokulan, pasir sungai ukuran halus yaitu persentase kolonisasi (77.60 %) dengan kelas 5, kategori kolonisasi sangat tinggi dan kepadatan spora (89.60/10 g inokulan), selanjutnya pasir bukit putih ukuran kasar yaitu persentase kolonisasi (79.60 %) dengan kelas 5, kategori sangat tinggi dan kepadatan spora 94,00/10 g inokulan, dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 14.

Tabel 4. Kolonisasi FMA pada akar jagung dan kepadatan spora pada berbagai jenis bahan pembawa (52 hst)

Jenis Bahan Pembawa FMA	Kolonisasi FMA (%)	Kelas	Kategori	Kepadatan spora/10 inokulan g
Pasir sungai, halus	77.60 a c	5	ST	89.60 abc
Pasir sungai, sedang	81.20 ab	5	ST	119.80 a
Pasir sungai, kasar	84.00 a	5	ST	124.80 a
Pasir bukit putih, halus	67.60 d	4	T	78.00 bcd
Pasir bukit putih, sedang	73.60 c	4	T	82.60 bcd
Pasir bukit putih, kasar	79.60 b	5	ST	94.00 ab
Pasir bukit hitam halus	44.44 e	2	R	51.00 d
Pasir bukit hitam sedang	54.00 e	3	S	52.00 d
Pasir bukit hitam kasar	58.00 e	3	S	58.00 cd

Keterangan : ST= Sangat Tinggi, T = Tinggi, S = Sedang, R= Rendah

Tingginya persentase kolonisasi akar FMA dan kepadatan spora pada pasir sungai ukuran kasar disebabkan porositas yang terbentuk lebih besar sehingga penyerapan unsur hara bagi tanaman lebih besar karena akar tanaman yang bermikoriza mempunyai hifa eksternal yang mampu menjangkau serapan akar lebih besar. Disamping itu juga disebabkan luasnya permukaan absorpsi dengan meningkatnya volume daerah penyerapan karena adanya hifa eksternal sehingga hifa mempunyai kemampuan lebih tinggi menyerap hara dibandingkan bulu-bulu akar. Hal ini menyebabkan akar bibit yang bermikoriza mampu menyerap unsur hara lebih banyak dibandingkan dengan akar yang tidak bermikoriza. Menurut Setiadi (1989) kolonisasi mikoriza pada akar tanaman dapat meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara yang terikat dan tidak tersedia bagi tanaman serta meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap air sehingga tanaman masih dapat hidup dengan baik. Menurut Subiksa (2002) hifa mikoriza mampu memperluas serapan air dan hara pada media porositas besar sehingga penyebaran hifa sangat luas sehingga membawa unsur hara yang mudah larut dan membawa aliran masa seperti N,P,K sehingga serapan unsur hara tersebut juga semakin meningkat. Menurut Mansur (2007) faktor yang mempengaruhi formula FMA yaitu 1) kepadatan spora (100 spora/10 - 50 gr inokulan, 2) tidak mengandung penyakit, open pot culture, air untuk menyiram tidak steril membuka peluang tumbuhnya fungi/ bakteri patogen, 3) efektivitas dari isolat yang diproduksi telah teruji.



Gambar 14. Kolonisasi pada akar dan kepadatan spora FMA pada rhizosfir tanaman jagung dengan bahan pembawa pasir sungai ukuran kasar, A. Kolonisasi pada akar tanaman jagung, a. Vesikel, b. Hifa internal (pembesaran 10x40), c. Arbuskula (pembesaran 10x10), B. Kepadatan spora pada rhizosfir tanaman jagung, a. Massa spora (pembesaran 10x10), b. Spora tunggal (pembesaran 10x40)

Tingginya jumlah spora mikoriza pada pasir sungai kasar juga disebabkan karena adanya kesesuaian mikoriza pada saat pembentukan spora pada akar, dimana perbedaan waktu berkecambah spora dari mikoriza berhubungan dengan faktor intrinsik sehingga suplai unsur hara dari tanaman bagi perkembangan mikoriza akan berlangsung dengan baik dan faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap perkecambahan spora mikoriza. Menurut Anas dan Tampubolon (1994) media perbanyakan pasir sungai menunjukkan jumlah spora dan derajat infeksi akar yang lebih tinggi dibandingkan media zeolit. Menurut Subiksa (2002) jaringan hifa eksternal dari mikoriza akan memperluas bidang serapan air dan hara. Disamping itu, ukuran hifa yang halus dari

bulu-bulu akar memungkinkan hifa bisa menyusup ke pori-pori pasir sungai sehingga bisa menyerap air pada kondisi kadar air yang sangat rendah.

4.1.2 Pertumbuhan Tanaman Jagung

Pertumbuhan tanaman jagung pada berbagai jenis bahan pembawa untuk perbanyakan FMA berbeda antar jenis bahan pembawa, terlihat bahwa jenis bahan pembawa yang terbaik adalah pasir sungai, sedangkan ukuran pasir yang terbaik adalah yang kasar. Kombinasi bahan pembawa yang terbaik yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung adalah pasir sungai berukuran kasar dengan tinggi (144 cm dengan efektivitas 89.60%), jumlah daun (17.20 helai dengan efektivitas 22.85%), berat basah akar (104.30 g), berat basah bagian atas tanaman (445.20), berat kering akar (21.90 g), berat kering bagian atas tanaman (46.14 g) dan sedang dengan tinggi tanaman (140.00 cm), jumlah daun (16.40 helai), berat basah akar (18.48 g), berat basah bagian atas tanaman (369.30 g), berat kering akar 18.48 g, berat kering bagian atas tanaman (35.67 g). Selanjutnya pertumbuhan tanaman sedang adalah pasir bukit putih kasar dan pertumbuhan tanaman yang kurang bagus pasir sungai halus, pasir sungai putih sedang, pasir bukit hitam kasar, dapat dilihat pada Tabel 5, 6 dan Gambar 15, 16. Respon pertumbuhan tanaman jagung untuk perbanyakan FMA pada berbagai jenis bahan pembawa berbagai ukuran yang terbaik adalah pasir sungai berukuran kasar.

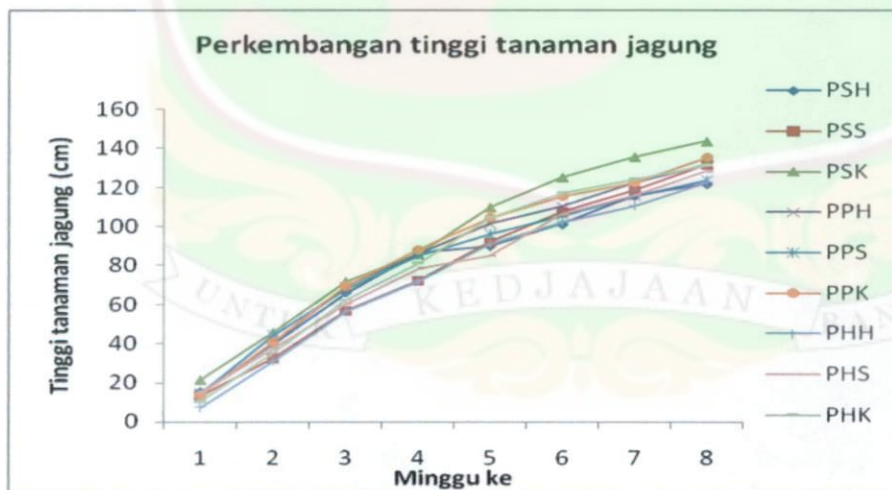
Tabel 5. Pertumbuhan tanaman jagung (tinggi dan jumlah daun) yang diperbanyak pada berbagai jenis bahan pembawa (52 hst)

Jenis Bahan Pembawa FMA	Tinggi tanaman (cm)		Efektifitas (%)	Jumlah daun (helai)		Efektifitas (%)
	Introduksi FMA	Tanpa FMA		Introduksi FMA	Tanpa FMA	
Pasir sungai, halus	132.00 abc	88.60 a	48.98	16.60 ab	14.20 a	16.90
Pasir sungai, sedang	140.00 ab	89.80 a	55.90	16.40 ab	13.00 a	26.15
Pasir sungai, kasar	144.00 a	89.60 a	60.71	17.20 a	14.00 a	22.85
Pasir bukit putih, halus	124.00 cd	82.50 b	50.30	15.80 ab	12.80 b	23.43
Pasir bukit putih, sedang	132.00 abcd	82.10 b	60.77	16.20 bcd	13.40 ab	20.89
Pasir bukit putih, kasar	135.00 ab	82.30 b	60.03	16.40 bc	13.00 a	26.15
Pasir bukit hitam, halus	122.00 d	70.60 c	72.80	15.20 d	11.40 c	35.08
Pasir bukit hitam, sedang	129.00 bcd	69.10 c	86.68	15.40 cd	12.20 cd	26.22
Pasir bukit hitam, kasar	132.00 abcd	69.80 c	89.11	15.80 d	12.00 cd	31.66

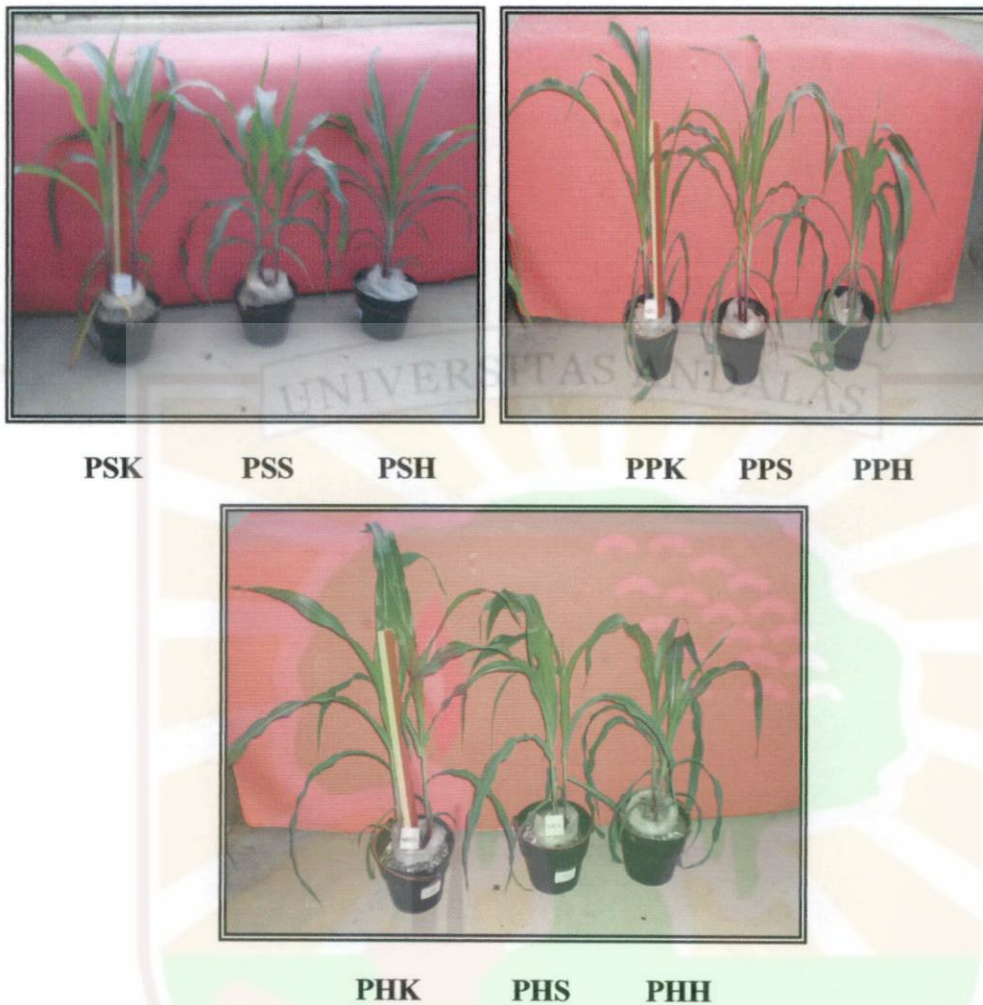
Tabel 6. Biomassa tanaman jagung (berat basah dan berat kering tanaman) pada berbagai jenis bahan pembawa (52 hst)

Jenis Bahan Pembawa FMA	Bagian akar (g)		Bagian atas tanaman (g)	
	Berat Basah	Berat Kering	Berat Basah	Berat Kering
Pasir sungai, halus	104.30 a	14.30 c	387.50 ab	27.28 bcd
Pasir sungai, sedang	121.56 ab	18.48 ab	369.30 bc	35.67 ab
Pasir sungai, kasar	12.90 ab	21.90 a	445.20 c	46.14 a
Pasir bukit putih, halus	81.42 c	13.00 c	363.10 bc	29.99 bc
Pasir bukit putih, sedang	89.48 cd	13.96 c	331.80 cd	33.55 bc
Pasir bukit putih, kasar	93.26 cd	14.70 bc	392.10 ab	28.09 bcd
Pasir bukit hitam, halus	78.50 d	8.70 d	372.50 bc	17.89 d
Pasir bukit hitam, sedang	79.66 d	9.06 d	355.70 bc	24.01 cd
Pasir bukit hitam, kasar	87.50 cd	10.94 cd	384.60 ab	24.11 bcd

Pada Gambar 15 terlihat laju perkembangan peningkatan pertumbuhan tanaman perminggu yang dihasilkan dari bahan pembawa pasir sungai ukuran kasar disebabkan pasir sungai ukuran kasar dapat meningkatkan porositas sehingga miselia FMA dapat berkembang dan perakaran lebih mudah menyerap hara dan air dari tanaman perbanyak sebagai sumber energi serta mnttransportasikannya ke tanaman, sebaliknya FMA menerima gula dalam bentuk eksudat dari media perbanyak FMA sebagai sumber energi dan pertumbuhannya. Hal ini akan meningkatkan zona perakaran tanaman dengan bantuan hifa eksternal dari FMA sehingga terjadinya perbaikan lingkungan tumbuh bagi pertumbuhan dan perkembangan FMA yang berpengaruh terhadap proses serapan hara pada tanaman mengakibatkan proses fotosintesis terutama pada jumlah daun. Menurut Husin (1992) pasir sungai salah satu media perbanyak FMA yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Selanjutnya menurut Miyakuni (2003) pasir sungai dapat meningkatkan sirkulasi air dan udara sehingga dapat memperluas sistem perakaran tanaman.



Gambar 15. Grafik perkembangan tinggi tanaman jagung untuk perbanyak inokulan FMA dengan berbagai bentuk formula FMA, PSK = Pasir sungai kasar, PSS = Pasir sungai sedang, PSH = Pasir sungai halus, PPK = Pasir putih kasar, PPS = Pasir putih sedang, PPH = Pasir putih halus, PHK = Pasir hitam kasar, PHS = Pasir hitam sedang, PHH = Pasir hitam halus



Gambar 16. Pertumbuhan tanaman jagung untuk perbanyakan FMA dengan berbagai jenis bahan pembawa, PSK = pasir sungai kasar, PSS = pasir sungai sedang, PSH = pasir sungai halus, PPK = pasir putih kasar, PPS = pasir putih sedang, PPH pasir putih halus, PHK = pasir hitam kasar, PHS = pasir hitam sedang, PHH = pasir hitam halus (Umur 30 hst)

Meningkatnya berat basah dan kering akar pada media pasir sungai kasar disebabkan karena pengaruh porositas lebih besar sehingga mampu membentuk hifa-hifa eksternal pada akar-akar rambut tanaman hal ini berkaitan dengan meningkatnya tingkat kolonisasi mikoriza sehingga bobot dari akar tersebut meningkat dengan jelas. Hal ini juga disebabkan FMA dapat membentuk hifa-hifa eksternalnya pada akar-akar rambut tanaman sehingga bobot dari akar tersebut meningkat dengan jelas.

Pembentukan hifa-hifa ini dapat dihubungkan dengan meningkatnya infeksi dan jumlah spora FMA. Hal ini didukung juga dengan kesesuaian antara FMA dengan tanaman inangnya dan faktor lingkungan saat itu. Menurut Muas (2003) FMA dapat menstimulasi perkembangan akar dan meningkatkan bobot kering akar 1.2 – 1.3 kali lebih tinggi pada tanaman jeruk. Dari beberapa hasil penelitian ternyata FMA dapat meningkatkan bobot kering tanaman jagung dan cabai merah (Husin, 1997), Kedelai (Santoso, 1986 *cit* Husin, 1992). Menurut Setiadi (1989) tanaman yang bermikoriza akan meningkatkan berat kering yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa mikoriza.

4.2 Introduksi Formula FMA pada bibit pisang untuk pengendalian Penyakit Darah Bakteri

4.2.1. Masa Inkubasi

Masa inkubasi penyakit darah bakteri pada bibit pisang yang diintroduksi dengan formula FMA tidak menimbulkan gejala pada 0, 1 bulan penyimpanan formula FMA, sedangkan pada 2 bulan penyimpanan formula FMA dapat memperlambat gejala muncul yaitu pengayaan formula FMA (12.2 hsi dengan efektivitas 85.73 %), dan FMA + 10% batuan fosfat (23.33 hsi batuan fosfat dengan efektivitas 91.22 %) dan FMA + 20 % batuan fosfat, sedangkan pengayaan formula FMA + 30 % dan FMA + 40 % tidak menimbulkan gejala sampai akhir pengamatan, dapat dilihat pada Tabel 7 dan Gambar 17.

Tabel 7. Masa inkubasi penyakit darah bakteri pada bibit pisang setelah diintroduksi dengan formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda

Pengayaan Formula FMA	Lama penyimpanan formula FMA					
	0		1		2	
	Masa Inkubasi		Masa Inkubasi		Masa Inkubasi	
	hsi	Efektivitas (%)	hsi	Efektivitas (%)	hsi	Efektivitas (%)
Kontrol (-)	11.80	0.00	11.60	0.00	12.20	0.00
FMA (tanpa batuan fosfat)	*	100.00	*	100.00	22.66	85.73
FMA +10 % batuan Fosfat	*	100.00	*	100.00	23.33	91.22
FMA + 20 % Batuan Fosfat)	*	100.00	*	100.00	*	100
FMA + 30% Batuan Fosfat)	*	100.00	*	100.00	*	100
FMA + 40% Batuan Fosfat)	*	100.00	*	100.00	*	100

Keterangan : * Tanaman tidak menimbulkan gejala



Gambar 17. Gejala BDB pada bibit pisang yang diintroduksi formula FMA yang disimpan umur 2 bulan formula FMA. A. Kontrol, B. Inokulan FMA, C. FMA (10 % + batuan fosfat), D. FMA + 20 % batuan fosfat, E. FMA + 30 % batuan fosfat), F. FMA + 40 % batuan fosfat), G. Gejala lanjut BDB

Introduksi formula FMA 0 dan 1 bulan penyimpanan formula FMA sampai akhir pengamatan tidak ada gejala penyakit darah bakteri (BDB) pada bibit pisang kepek dibandingkan kontrol, sedangkan perlakuan 2 bulan penyimpanan terlihat FMA + 10% batuan fosfat (23.33 hsi batuan fosfat dengan efektivitas 91.22 %) dan FMA + 20 % batuan fosfat dapat memperlambat gejala muncul dibandingkan dengan kontrol . Hal ini disebabkan semakin lama formula mikoriza disimpan maka semakin berkurang

propagul infeksi. Menurut Corryanti (2003) lama penyimpanan inokulan akan berpengaruh terhadap jumlah propagul dan jumlah spora. Dari hasil penelitian ini terlihat bahwa pemberian formula dapat meningkatkan ketahanan tanaman, hal ini disebabkan adanya interaksi antara FMA dan patogen dapat meningkatkan ketahanan sehingga dapat melindungi perakaran terhadap patogen tular tanah. Menurut Dehne dan Schonbeck (1979) peningkatan lignifikasi pada sel endodermis perakaran tomat dapat mengurangi serangan penyakit layu *fusarium oxysporum f.sp.lycopersici*. Hasil penelitian Harmet (1999) FMA berperan dalam menginduksi ketahanan sistemik tanaman kedelai terhadap penyakit pustul bakteri oleh *Xanthomonas campestris pv. glycines*. Selanjutnya Yusman (2003) tanaman tomat yang terkolonisasi FMA dapat menekan perkembangan penyakit bercak bakteri oleh *X. axonopodis pv. vesicatoria*.

Terjadinya peningkatan ketahanan tanaman juga disebabkan karena meningkatnya ketahanan sistemik yang terinduksi (*Induced Systemic Resistance* (ISR) yang ditimbulkan oleh FMA pada tanaman pisang sehingga mampu menekan perkembangan penyakit darah bakteri. Menurut Habazar (1993) berhasilnya FMA meningkatkan ketahanan tanaman disebabkan meningkatnya ketahanan sistemik dan tingginya penyerapan unsur hara pada tanaman yang diberi perlakuan FMA terutama unsur P karena FMA juga mengeluarkan enzim phosphatase yang mampu melepaskan P dari ikatan-ikatan spesifik, sehingga P tersedia bagi tanaman. Selanjutnya menurut Habazar (1994) fosfor juga berperan penting dalam metabolisme energi sebagai adenosin trifosfat (ATP), fosfolida, gula fosfat berbagai koenzim dan membantu tanaman menyerap unsur lain yang akhirnya meningkatkan ketahanan tanaman. Menurut Kobayashi and Branch (1999) FMA dapat menginduksi ketahanan tanaman

melalui mekanisme supresif, terhambatnya pembentukan propagul infeksi dan terhalangnya infeksi patogen pada akar tanaman yang bermikoriza.

4.2.2 Persentase serangan penyakit

Persentase serangan penyakit darah bakteri pada bibit pisang setelah diintroduksi dengan formula FMA yang disimpan dalam waktu berbeda 0, 1 dan 2 bulan penyimpanan dapat meningkatkan ketahanan bibit pisang terhadap penyakit darah bakteri. Formula FMA 0 dan 1 bulan penyimpanan tidak ada serangan penyakit darah bakteri dengan efektivitas penekanannya 100 %. Sedangkan formula FMA 2 bulan penyimpanan dapat menekan serangan penyakit, pengayaan formula FMA (12.80 % dengan efektivitas 87.20 %), dan FMA + 10% batuan fosfat (10.57 % dengan efektivitas 89.43 %) dibandingkan kontrol dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata – rata persentase serangan penyakit darah pada bibit pisang setelah diintroduksi dengan formula FMA

Pengayaan Formula FMA	Lama penyimpanan formula FMA (bulan)					
	0		1		2	
	%	Efektivi- tas (%)	%	Efektivi- tas (%)	%	Efektivi- tas (%)
Kontrol (-)	100.00		100.00		100.00	
FMA (tanpa batuan fosfat)	0.00	100.00	0.00	100.00	12.80	87.20
FMA +10 % batuan Fosfat	0.00	100.00	0.00	100.00	10.57	89.43
FMA + 20 % Batuan Fosfat)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
FMA + 30 % Batuan Fosfat)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
FMA + 40 % Batuan Fosfat)	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00

Keterangan * : tanaman sehat sampai akhir pengamatan

Bibit pisang yang diintroduksi dengan formula FMA dalam waktu penyimpanan yang berbeda dapat menekan serangan penyakit darah bakteri dengan tingkat serangan rendah, hal ini disebabkan akar yang terkolonisasi FMA pada akar tanaman dapat meningkatkan ketahanan tanaman dalam menyerap unsur hara yang terikat dan tersedia bagi tanaman sehingga tingginya penyerapan unsur hara pada tanaman. Menurut

Sieverding (1991) mekanisme induksi oleh FMA berhubungan dengan perkembangan fisiologis/biokimia tanaman inang. Perubahan morfologi terjadi terhadap proses lignifikasi dari dinding sel, produksi polisakarida dan peningkatan sistem vascular dari tanaman, disamping itu alaira hara dan air pada tanaman meningkat, karena tanaman bermikoriza dapat mengabsorpsi lebih banyak dan keadaan ini akan mengurangi kerentanan tanaman terhadap penyakit. Selanjutnya Habazar (2001) mekanisme FMA untuk pengendalian penyakit tanaman sebagai induser dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit efeknya bersifat secara tidak langsung. Menurut Husin (1994) tanaman yang diberi FMA lebih tahan terhadap serangan penyakit karena kondisi tanaman menjadi lebih baik sehingga FMA mampu memenuhi kebutuhan hara tanaman.

4.2.3 Diskolorasi batang semu

Diskolorasi batang semu pada bibit pisang yang terserang penyakit darah bakteri setelah diintroduksi dengan formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda dapat menekan diskolorasi batang semu bibit pisang pada masing-masing perlakuan adalah 0 % dibandingkan dengan kontrol (0 bulan penyimpanan : 19.48 cm, 1 bulan penyimpanan : 20.97 cm, sedangkan pada 2 bulan penyimpanan : 22.12 cm), dapat dilihat pada Tabel 9 dan Gambar 18.

Tabel 9. Diskolorasi batang semu (cm) pada bibit pisang kepok setelah diintroduksi dengan formula FMA

Pengayaan Formula FMA	Lama penyimpanan formula FMA (bulan)		
	0	1	2
Kontrol (-)	19.48	20.97	22.12
FMA (tanpa batuan fosfat)	0.00	0.00	0.00
FMA + 10 % Batuan Fosfat)	0.00	0.00	0.00
FMA + 20 % Batuan Fosfat)	0.00	0.00	0.00
FMA + 30 % Batuan Fosfat)	0.00	0.00	0.00
FMA + 40 % Batuan Fosfat)	0.00	0.00	0.00

Bibit pisang yang diintroduksi dengan formula FMA tidak adanya diskolorasi batang semu bibit pisang disebabkan formula FMA yang diberikan dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit darah bakteri sehingga dapat menghambat perkembangan patogen akar. Menurut Ahmad (1998) tanaman yang telah berasosiasi dengan mikoriza, kandungan karbohidrat dan asam amino, eksudat akarnya berkurang. Hal ini disebabkan sebagian eksudat dimanfaatkan oleh mikoriza untuk pertumbuhan dan perkembangan. Kondisi ini akan mengurangi populasi dan menghambat perkembangan patogen akar, sehingga memperkecil peluang terjadinya infeksi dan menyebabkan tanaman lebih mampu bertahan terhadap serangan patogen, sehingga dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen. Selanjutnya Bruchi *et al.* Ahmad (1998) juga menjelaskan bahwa akar tanaman yang mengeluarkan eksudat berupa karbohidrat dan asam amino menstimulir dan memberikan kondisi yang menguntungkan terhadap pertumbuhan tanaman dan ketahanan terhadap penyakit. Berdasarkan hasil penelitian Yefriwati *et al.*, (2004) tanaman pisang Cavendish yang diaplikasi dengan FMA dapat meningkatkan ketahanan terhadap *R.solanacearum* ras 2. Selanjutnya menurut Suswati *et al.*, (2007) FMA isolat PU10 mampu menekan perkembangan BDB mencapai 100% hingga tanaman siap pindah ke lapang (90 hst).



Gambar 18. Penampang membujur batang semu bibit pisang (15 hsi), A. Diskolorisasi batang semu bibit pisang yang terserang BDB (Kontrol), B. Introduksi formula FMA (30 % batuan fosfat)

4.2.4 Kepadatan populasi BDB

Kepadatan populasi bakteri 1,3,6,9 hari inokulasi (hsi) penyakit darah bakteri (BDB) pada bibit pisang setelah diintroduksi formula FMA selalu lebih rendah dibandingkan kontrol. Formula FMA (20% batuan fosfat) pada 9 hari setelah inokulasi terlihat kepadatan populasi lebih rendah yaitu 0 bulan penyimpanan formula FMA 1.20×10^7 dengan efektivitas 97.20%, 1 bulan penyimpanan formula FMA 2.20×10^7 dengan efektivitas 94.6 0% dan 2 bulan penyimpanan formula FMA 6.40×10^7 dengan efektivitas 93.20%, dapat dilihat pada Tabel 10 dan Gambar 20.

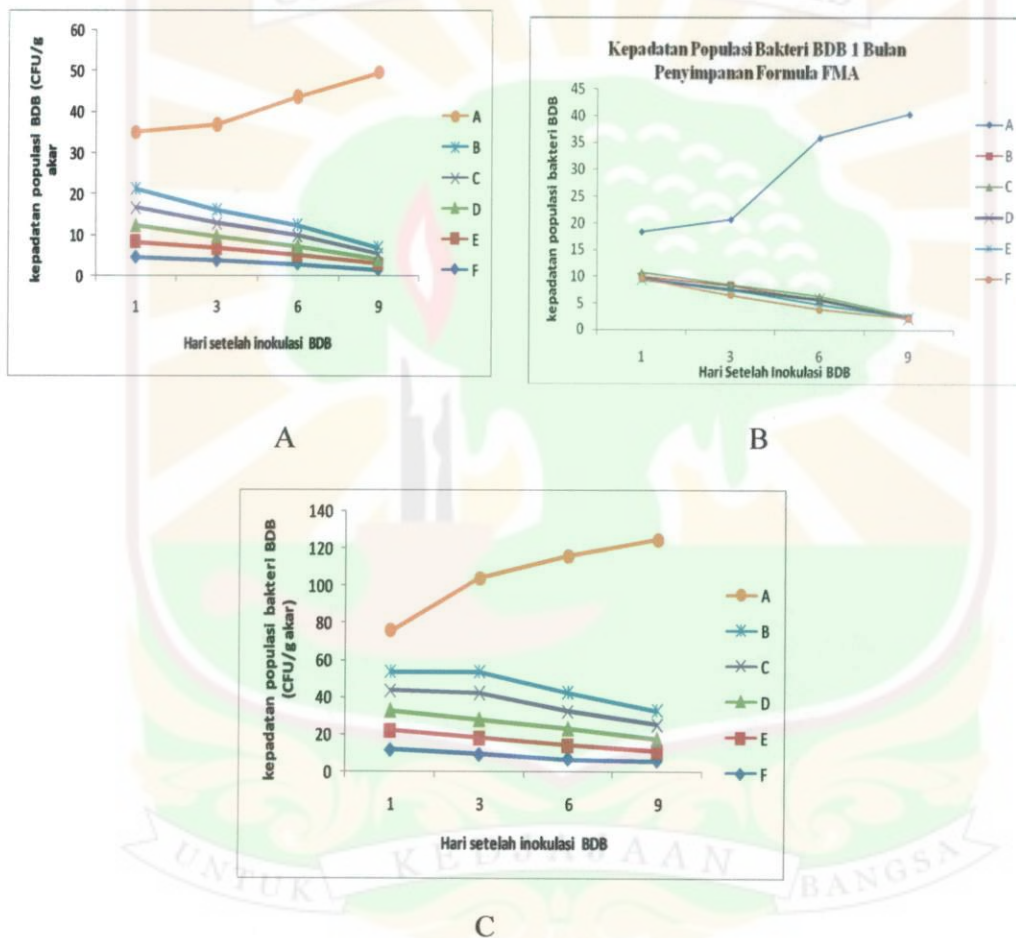
Tabel 10. Kepadatan populasi bakteri BDB yang introduksi formula FMA pada bibit pisang

Pengayaan Formula FMA	Lama Penyimpanan (bulan)					
	0		1		2	
	9 his CFU/g akar	Efektivitas (%)	9 his CFU/g akar	Efektivitas (%)	9 his CFU/g akar	Efektivitas (%)
Kontrol (-)	42.70x10 ⁷		40.30x10 ⁷		94.00x10 ⁷	
FMA (tanpa batuan fosfat)	1.50x10 ⁷	96.50	2.30x10 ⁷	94.30	7.50x10 ⁷	92.10
FMA +10 % Batuan Fosfat)	1.30x10 ⁷	97.00	2.60x10 ⁷	93.60	8.10x10 ⁷	91.40
FMA + 20 % Batuan Fosfat)	1.20x10 ⁷	97.20	2.20x10 ⁷	94.60	6.40x10 ⁷	93.20
FMA + 30 % Batuan Fosfat)	1.50x10 ⁷	96.50	2.40x10 ⁷	94.10	5.20x10 ⁷	94.50
FMA + 40 % Batuan Fosfat)	1.40x10 ⁷	96.80	2.20x10 ⁷	94.60	5.60x10 ⁷	94.10

Bibit pisang yang diintroduksi dengan formula FMA lebih rendah dibandingkan kontrol, hal ini disebabkan kemampuan FMA dalam menghambat perkembangan patogen berkaitan dengan penyerapan fosfor yang dapat menyebabkan berkurangnya eksudasi akar sehingga rangsangan perkembangan patogen dalam rizosfir menjadi berkurang dan adanya zat antimikroba yang dihasilkan tanaman pisang yang terinduksi ketahanannya menyebabkan populasi tidak berkembang.

Interaksi antara FMA dan akar pisang menyebabkan meningkatnya ketahanan terhadap infeksi pathogen. Menurut Harmet (1999) FMA melindungi tanaman karena terjadinya peningkatan lignifikasi sel akar yang menghambat perkembangan dan serangan pathogen sehingga tidak bisa masuk ke jaringan akar. Hal ini disebabkan akumulasi fenol yang lebih tinggi pada akar yang terkolonisasi. Menurut Sieverding (1991) tanaman yang dikolonisasi oleh FMA mengalami peningkatan kandungan P dan K dalam jaringan tanaman, sehingga mengakibatkan kandungan asam amino (arginin,

phenylalanine, syringine) lebih tinggi 50% dibandingkan tanaman yang tidak bermikoriza, terbentuknya metabolit sekunder berupa phytoaleksin, pengurangan gula-gula dan enzim (*chitinase*), yang dapat menghambat perkembangan mikroorganisme patogenik. Selanjutnya menurut Ahmad (1998) terjadinya penekanan perkembangan pathogen pada akar tanaman yang diberi FMA disebabkan oleh meningkatnya senyawa fenol serta pengurangan eksudat akar.



Gambar 20. Grafik perkembangan kepadatan populasi bakteri BDB, A. Formula FMA disimpan 0 bulan, B. Formula FMA disimpan 1 bulan, C. Formula FMA 2 bulan

4.2.5 Persentase kolonisasi akar bibit pisang

Kolonisasi FMA pada akar bibit pisang yang diintroduksi formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda 0,1 dan 2 bulan penyimpanan terjadinya peningkatan kolonisasi akan FMA mulai dari 30 hsi sampai 90 hsi. Pada formula FMA tanpa penyimpanan terlihat perlakuan formula FMA F tergolong tinggi kolonisasinya yaitu pada umur 30 hari setelah introduksi (hsi) : 62 %, sedangkan pada 90 hsi perlakuan E yang tertinggi yaitu 86%. Pada 1 bulan penyimpanan terlihat perlakuan F pada umur 30 hsi tertinggi yaitu 57.6% dan pada umur 90 hsi perlakuan E yaitu 84%. Sedangkan pada 2 bulan penyimpanan terlihat pada umur 30 hsi perlakuan E tertinggi yaitu 55.6%, dan pada umur 90 hsi tertinggi perlakuan F yaitu 85%, dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 21.

Tabel 11. Rata-rata persentase akar bibit pisang yang terkolonisasi FMA setelah diintroduksi formula FMA

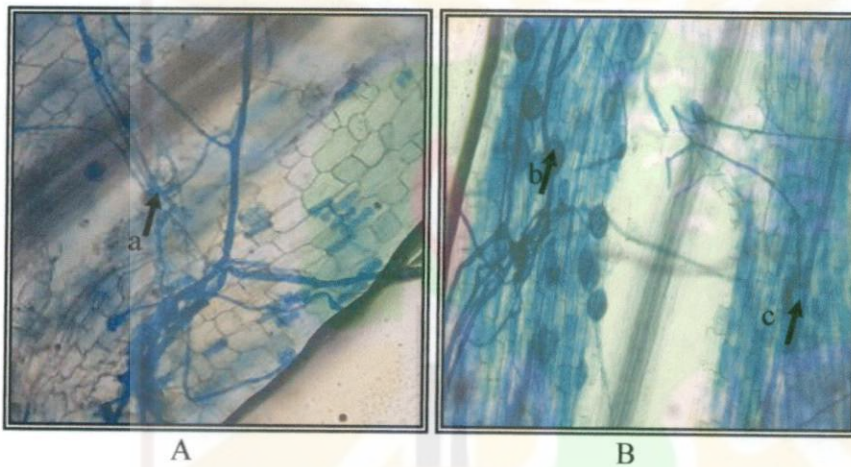
Pengayaa n Formula FMA	Lama Penyimpanan (bulan)											
	0				1				2			
	30 hsi		90 hsi		30 hsi		90 hsi		30 hsi		90 hsi	
	% koloni- sasi	Kate- gori	% kolo- nisasi	Kate- gori	% kolo- nisasi	Kate- gori	% kolo- nisasi	Kate- gori	% kolo- nisasi	Kate- gori	% ko- lonisa si	Kate- gori
A	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-	0.00	-
B	58.00	T	80.00	ST	52.00	T	78.00	ST	50.00	T	76.00	ST
C	57.33	T	82.00	ST	55.20	T	80.00	ST	52.70	T	77.00	ST
D	58.66	T	82.80	ST	55.60	T	82.00	ST	53.20	T	79.00	ST
E	61.33	T	86.00	ST	56.40	T	84.00	ST	55.60	T	82.00	ST
F	62.00	T	84.00	ST	57.60	T	83.00	ST	57.60	T	85.00	ST

Sumber : * Giovannetti dan Mosse (1980) *cit* Setiadi., 1992

Keterangan : T = Tinggi, ST = Sangat Tinggi

Persentase kolonisasi FMA pada akar bibit pisang yang diintroduksi dengan formula FMA dengan lama simpan yang berbeda menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam meningkatkan kolonisasi FMA. Dari hasil penelitian terlihat bahwa

persentase kolonisasi FMA tertinggi pada formula FMA tanpa disimpan, kemudian diikuti dengan 1 bulan penyimpanan dan 2 bulan penyimpanan. Terjadinya penurunan tingkat kolonisasi FMA yang disimpan sampai 2 bulan disebabkan karena berkurangnya jumlah propagul infeksi mikoriza sehingga kualitas inokulan yang disimpan berkurang. Menurut Coryanti, 2003 makin lamanya penyimpanan inokulan FMA maka kualitas inokulan menurun, hal ini akan mempengaruhi tingkat kolonisasi FMA pada akar tanaman.



Gambar 21. Kolonisasi formula FMA pada akar bibit pisang dengan bahan pembawa pasir sungai kasar, A. 1 bulan setelah introduksi formula FMA, a. Hifa internal, B. 3 bulan, b. Vesikel, c. arbuskular

Pada Gambar 21 terlihat perkembangan kolonisasi akar FMA dengan adanya hifa internal, vesikel dan arbuskular yang dapat menekan perkembangan penyakit. Apabila dihubungkan dengan ketahanan tanaman terhadap penyakit maka dapat dilihat bahwa perlakuan formula FMA ini disebabkan mikoriza mempunyai kemampuan dalam memenuhi kebutuhan hara dan air dan juga terjadinya perubahan senyawa – senyawa kimia pada tanaman sehingga tanaman menjadi lebih tegar. Hasil penelitian Harmet (1999) penggunaan mikoriza *Glomus fasciculatum* pada tanaman kedelai dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit pustul bakteri yang disebabkan

oleh *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* (Xcg). Yefriwati (2004), juga melaporkan bahwa FMA (multispora : *Glomus* sp + *Acaulospora* sp + *Gigaspora* sp) dapat meningkatkan ketahanan bibit pisang *Cavendish* terhadap serangan *Ralstonia solanacearum* ras 2).

4.2.6 Kepadatan spora FMA pada rhizosfir bibit pisang

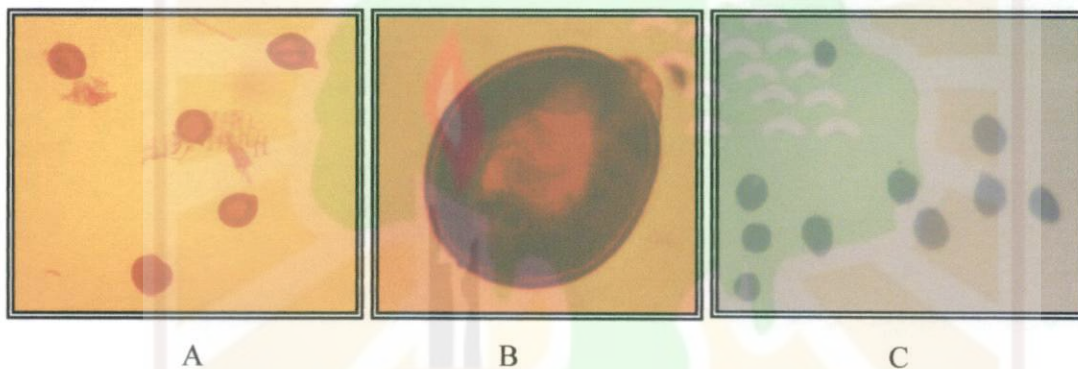
Kepadatan spora yang diintroduksi formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda antara 0, 1 dan 2 bulan penyimpanan, terlihat 0 bulan penyimpanan lebih tinggi dibandingkan 1 dan 2 bulan penyimpanan. Pada formula FMA yang terbaik (30 % batuan fosfat (0 bulan = 60.10 , 1 bulan = 56.60, 2 bulan = 50.90) di bandingkan dengan perlakuan formula FMA lainnya, dapat dilihat pada Tabel 12 dan Gambar 22.

Tabel 12. Kepadatan spora FMA pada rhizosfir bibit pisang setelah introduksi formula FMA (10 g)

Pengayaan Formula FMA	Lama Penyimpanan (bulan)		
	0	1	2
Kontrol (-)	0.00 a	0.00 a	0.00 a
FMA	43.50 b	41.50 b	34.40 b
FMA + 10 % Batuan Fosfat)	49.40 cd	46.80 cd	43.20 c
FMA + 20 % Batuan Fosfat)	52.20 cd	51.50 cd	46.12 cd
FMA + 30 % Batuan Fosfat)	60.10 e	56.60 d	50.90 d
FMA + 40 % Batuan Fosfat)	56.80 d	54.10 d	49.20 cd

Kepadatan spora dari 10 gr sample tanah, menunjukkan bahwa formula FMA yang tanpa disimpan menghasilkan spora yang tinggi dibandingkan 1 dan 2 bulan penyimpanan formula FMA, hal ini disebabkan karena keberadaan jumlah propagul infeksiifnya lebih besar sehingga kemampuan spora berkembang lebih cepat dan faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap perkecambahan spora FMA. Menurut Koske dan Gamma (1992) keberadaan spora mikoriza sangat dipengaruhi oleh kemampuan

spora yang berkecambah, sehingga adanya kemampuan membentuk penyebaran hifa yang sempurna di dalam tanah dalam penyerapan hara terutama fosfor dari tanah dalam transportasi hara melalui hifa menuju tanaman. Menurut Muchovej (2002) FMA dan simbiosis tanaman, FMA menerima karbohidrat dan faktor-faktor pertumbuhan dari inang sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan perkembangan spora sedangkan tanaman dapat meningkatkan serapan P dan unsur lainnya oleh kolonisasi akar FMA. Sedangkan Sieverding, 1991 potensi inokulum sering dinyatakan sebagai jumlah spora per satuan bobot inokulum.



Gambar 22. Spora FMA dari rhizosfir tanaman pisang (57 hsi) ; A. Massa spora (*Acaulospora* sp) (perbesaran 10x10), B. *Glomus* sp (perbesaran 10x40), C. *Acaulospora* sp (perbesaran 10x10)

4.2.7 Pertumbuhan bibit pisang

4.2.7.1 Tinggi bibit pisang

Tinggi bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi dengan formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda 0, 1 dan 2 bulan penyimpanan formula FMA berbeda tidak nyata. Formula FMA menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman dibandingkan kontrol. Formula FMA 0 bulan penyimpanan lebih tinggi dibandingkan 1 dan 2 bulan penyimpanan. Pada formula FMA (40% batuan fosfat) 0 bulan penyimpanan lebih

tinggi yaitu 79.76 cm dengan efektivitas 34.14%, 1 bulan penyimpanan 76.08 cm dengan efektivitas dibandingkan 1 dan 2 bulan penyimpanan formula FMA dapat dilihat pada Tabel 13 dan Gambar 23.

Tabel 13. Tinggi bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi formula FMA (3 bulan setelah tanam)

Pengayaan Formula FMA	Lama Penyimpanan (bulan)					
	0		1		2	
	Tinggi bibit (cm)	Efektivitas (%)	Tinggi bibit (cm)	Efektivitas (%)	Tinggi bibit (cm)	Efektivitas (%)
Kontrol (-)	59.46 a	0.00	44.91 a	0.00	44.74 a	0.00
FMA	72.06 b	21.19	72.56 b	61.56	64.19 b	43.47
FMA +10 % Batuan Fosfat)	74.00 b	24.45	73.96 b	64.68	69.80 c	56.64
FMA + 20 % Batuan Fosfat)	74.86 b	25.89	74.04 b	64.86	71.76 c	60.39
FMA + 30 % Batuan Fosfat)	78.60 c	32.18	75.78 bc	68.73	73.86 bc	65.05
FMA + 40 % Batuan Fosfat)	79.76 c	34.14	76.08 bc	69.40	76.68 bc	71.39



Gambar 23. Tinggi bibit pisang setelah diintroduksi dengan formula FMA, A. 0 bulan penyimpanan formula FMA, a. Kontrol (tanpa mikoriza dan tanpa batuan fosfat), b. FMA, c. FMA (10% Batuan Fosfat), d. FMA (20% Batuan Fosfat), e. FMA (30% Batuan Fosfat), f. FMA (40% Batuan Fosfat), B. 1 bulan setelah Introduksi Formula FMA, a. Kontrol (tanpa mikoriza dan tanpa batuan fosfat), b. FMA, c. FMA (10% Batuan Fosfat), d. FMA (20% Batuan Fosfat), e. FMA (30% Batuan Fosfat), f. FMA (40% Batuan Fosfat).

Formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda (0, 1 dan 2 bulan) pada bibit pisang menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman dibandingkan kontrol. Pada formula FMA 0 bulan penyimpanan lebih tinggi dibandingkan 1 dan 2 bulan penyimpanan formula FMA. Meningkatnya tinggi tanaman pada perlakuan tanpa penyimpanan dan 1 bulan penyimpanan formula FMA disebabkan karena jumlah propagul yang dihasilkan lebih tinggi sehingga meningkatnya penyerapan unsur hara dan air pada bibit pisang yang mampu tumbuh lebih baik. Menurut Setiadi (2001) FMA yang mengkolonisasi sistem perakaran tanaman akan memperoleh jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam penyerapan air dan unsur hara seperti fosfor sebagai unsur hara utama dan unsur mikro lainnya. Muas, Jawal dan Herizal (2002) FMA mampu meningkatkan kapasitasnya dalam meningkatkan serapan hara, menstimulasi pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen tular tanah. Adelman (1986) pemberian FMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena selain dapat meningkatkan serapan P, juga unsur lainnya seperti N, K, Ca, Cu, Mn, Zn, S dan Sr.

4.3.2.7.2 Jumlah daun bibit pisang

Jumlah daun bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda 0, 1 dan 2 bulan penyimpanan formula FMA menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman dibandingkan kontrol, dapat dilihat pada Tabel 13. Pada formula FMA (40% batuan fosfat) 0 bulan penyimpanan lebih tinggi yaitu 19.20 helai dengan

efektivitas 60.00%, 1 bulan penyimpanan 17.80 helai dengan efektivitas 53.44% dan 2 bulan penyimpanan 16.40 helai dengan efektivitas 64.00%, dapat dilihat pada Tabel 14 dan Gambar 24.

Tabel 14. Jumlah daun bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi formula FMA

Pengayaan Formula FMA	Lama Penyimpanan (bulan)					
	0		1		2	
	Jumlah daun (helai)	Efektivitas (%)	Jumlah daun (helai)	Efektivitas (%)	Jumlah daun (helai)	Efektivitas (%)
Kontrol (-)	12.00 a	0.00	11.60 a	0.00	10.00 a	0.00
FMA	17.00 b	41.66	16.80 b	44.82	14.80 b	48.00
FMA +10 % Batuan Fosfat)	17.60 b	46.66	17.00 bc	46.55	15.40 b	54.00
FMA +20 % Batuan Fosfat)	17.80 b	48.33	17.20 bc	48.27	16.20 bc	62.00
FMA+ 30 % Batuan Fosfat)	18.80 bc	56.66	17.50 bc	50.86	16.60 bc	66.00
FMA+40 % Batuan Fosfat)	19.20 bc	60.00	17.80 bc	53.44	16.40 bc	64.00

Formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda (0, 1 dan bulan) pada bibit pisang menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam meningkatkan perkembangan jumlah daun dan ketahanan tanaman dibandingkan kontrol. Dari hasil penelitian ini terlihat pada formula FMA tanpa dilakukan penyimpanan lebih tinggi perkembangan daunnya, hal ini disebabkan karena proses kolonisasi berkembang dengan baik sebagai pendorong absorsi hara dapat melakukan peranannya sehingga berdampak pada peningkatan pertumbuhan tanaman seperti jumlah daun. Terjadinya peningkatan jumlah daun tanaman disebabkan tingginya serapan P tanaman sehingga proses fotosintesis berlangsung dengan baik. Menurut Gardeman (1968) tanaman yang bermikoriza akan memberikan jumlah daun yang lebih besar dibandingkan dengan tanaman tanpa mikoriza. Dari hasil penelitian Yefriwati *et al.*, 2004 bibit pisang yang

diintroduksi dengan mikoriza *Glomus fasciculatum* dapat meningkatkan perkembangan jumlah daun 51.67%.

4.2.7.3 Berat Kering Akar

Berat kering akar bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi formula FMA yang disimpan dengan waktu yang berbeda 0, 1 dan 2 bulan pisang menunjukkan kemampuan yang berbeda dalam meningkatkan penyerapan unsur hara dibandingkan kontrol. Formula FMA yang terbaik adalah formula FMA (30% batuan fosfat) 0 bulan penyimpanan berat kering akar 3.15 g dengan efektivitas 293.75%, 1 bulan penyimpanan berat kering akar 2.76 g dengan efektivitas 249.26%, 2 bulan penyimpanan 2.06 g dengan efektivitas 131.46%, dapat dilihat pada Tabel 15 dan Gambar 24.

Tabel 15. Berat kering akar bibit pisang setelah diintroduksi dengan formula FMA (3 bulan (hst)

Pengayaan Formula FMA	Lama Penyimpanan (bulan)					
	0		1		2	
	Berat kering akar (g)	Efektivitas (%)	Berat kering akar (g)	Efektivitas (%)	Berat kering akar (g)	Efektivitas (%)
Kontrol (-)	0.80 a	0.00	0.79 a	0.00	0.89 a	0.00
FMA	1.50 ab	87.50	1.61 bcd	103.79	1.42 bcd	53.00
FMA+10 % Batuan Fosfat)	2.07 bcd	158.75	1.94 abc	145.56	1.03 abc	15.73
FMA+ 20% Batuan Fosfat)	2.48 bc	210.00	2.04 abc	158.22	1.48 cd	66.29
FMA+30 % Batuan Fosfat)	3.15 c	293.75	2.76 bcd	249.26	2.06 bcd	131.46
FMA+40 % Batuan Fosfat)	2.49 bc	211.25	3.17 abc	301.26	1.78 bcd	100.00

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa meningkatnya berat kering akar yang diintroduksi formula FMA 0 dan 1 bulan penyimpanan terlihat pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan dengan 2 bulan penyimpanan, hal ini disebabkan jumlah propagulnya lebih banyak sehingga kemampuan membentuk hifa eksternal pada akar rambut tanaman meningkat dengan jelas dalam proses penyerapan unsur hara dan karena aktivitas enzim phosphatase pada rhizosfir dari tanaman yang terkolonisasi FMA lebih

tinggi dibandingkan yang tidak terkolonisasi FMA dan bibit pisang yang berasosiasi dengan FMA tersebut mempunyai sistem perakaran yang lebih berkembang. Menurut Menurut Husin (1991), pembentukan hifa-hifa ini dapat dihubungkan dengan meningkatnya derajat infeksi dan jumlah spora FMA dalam tanah, hal ini didukung juga karena adanya keesuaian antara mikoriza dengan tanaman. Muas (2003) FMA dapat menstimulus perkembangan akar dan meningkatkan bobot kering akar 1.2 – 1.3 kali lebih tinggi pada tanaman jeruk. Dari beberapa hasil penelitian ternyata FMA dapat meningkatkan bobot kering tanaman jagung dan cabe merah (Husin, 1997), Kedelai (Santoso, 1986 *cit* Husin, 1992).



Gambar 24. Bentuk akar setelah diintroduksi dengan formula FMA (90 hst), A. Kontrol, B. Akar + Formula FMA, C. FMA+10 % batuan fosfat), D. FMA +20 % batuan fosfat), E. FMA+30 % batuan fosfat), F. FMA 40 batuan fosfat) (0 bulan penyimpanan formula FMA)

4.2.7.4. Berat kering bagian atas tanaman

Berat kering bagian atas tanaman bibit pisang pada umur tiga bulan setelah introduksi formula FMA yang disimpan dengan waktu berbeda 0, 1 dan 2 bulan, berbeda antar setiap perlakuan. Formula FMA yang disimpan 0 dan 1 bulan

penyimpanan menunjukkan berat kering bagian atas tanaman yang sama dibandingkan 2 bulan penyimpanan formula FMA. Formula FMA yang terbaik adalah formula FMA (30% batuan fosfat) 0 bulan penyimpanan berat kering akar 3.15 g dengan efektivitas 293.75%, 1 bulan penyimpanan berat kering akar 2.76 g dengan efektivitas 249.26%, 2 bulan penyimpanan 2.06 g dengan efektivitas 131.46%, dapat dilihat pada Tabel 16 dan Gambar 25.

Tabel 16. Berat kering bagian atas tanaman setelah diintroduksi dengan formula FMA (3 bulan HST)

Pengayaan Formula FMA	Lama Penyimpanan (bulan)					
	0		1		2	
	Berat kering atas tanaman (gr)	Efektivitas (%)	Berat kering atas tanaman (gr)	Efektivitas (%)	Berat kering atas tanaman (gr)	Efektivitas (%)
Kontrol (-)	3.93 bcd	0.00	6.11 cd	0.00	5.04 d	0.00
FMA	9.39 ab	138.93	9.91 a	62.19	8.35 ab	65.67
FMA (10% Batuan Fosfat)	9.56 abc	143.25	10.25 a	67.75	8.64 a	71.42
FMA (20% Batuan Fosfat)	10.69 a	172.01	10.74 a	75.77	8.95 a	77.57
FMA (30% Batuan Fosfat)	11.98 a	204.83	11.31 b	85.10	9.51 a	88.69
FMA (40% Batuan Fosfat)	13.96 b	255.21	11.2 b	83.30	10.04 b	99.20

Formula FMA yang disimpan dalam waktu yang berbeda (0, 1 dan bulan) pada bibit pisang menunjukkan berat kering bagian atas tanaman dibandingkan 2 bulan penyimpanan formula FMA dibandingkan dengan kontrol. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa formula FMA yang disimpan 0 dan 1 bulan lebih tinggi berat kering bagian atas tanaman dibandingkan 2 bulan penyimpanan formula FMA. Hal ini disebabkan terjadinya peningkatan serapan P tanaman sehingga suplai unsur hara makro yang diperlukan dalam metabolisme dan pertumbuhan tanaman lebih terpenuhi dibandingkan tanpa introduksi FMA. Menurut Gunawan (1993) terjadinya peningkatan penyerapan P oleh tanaman yang bermikoriza disebabkan karena FMA menghasilkan enzim alkalin fosfatase yang dihasilkan oleh hifa mikoriza yang aktif tumbuh. Subiksa

(2002) menyatakan bahwa serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza, juga membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa oleh aliran massa seperti N, P, dan S sehingga unsur hara tersebut juga meningkat. Disamping serapan hara melalui aliran massa, serapan P yang tinggi juga disebabkan karena hifa FMA juga mengeluarkan enzim phosphatase yang mampu melepaskan P sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dari beberapa hasil penelitian ternyata FMA dapat meningkatkan berat kering tanaman apel, adpokat, nenas dan pepaya (Jaizme, Vega, dan Azcon, 1995 *cit* Muas (2002), bobot kering tanaman jagung dan cabai (Husin, 1997).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Formula bahan pembawa terbaik adalah pasir sungai ukuran kasar, , hal ini dapat dilihat dari pertumbuhan tanaman perbanyakan dan persentase kolonisasi serta kepadatan spora FMA.
2. Dari hasil uji formula FMA pada bibit pisang terhadap penyakit darah (*Blood Disease Bacteria*) didapatkan bahwa Formula FMA dosis 20% batuan fosfat dengan 2 bulan penyimpanan sudah memperlihatkan hasil terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ketahanan terhadap penyakit darah (*Blood Disease Bacteria*).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan terhadap lama penyimpanan formula FMA untuk mengetahui lebih jauh keberadaan propagul infeksiif Formula FMA dalam meningkatkan ketahanan terhadap tanaman pisang terhadap serangan penyakit darah (*Blood Disease Bacteria*).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. 1980. Dasar-dasar ilmu tanah. Proyek peningkatan dan pengembangan perguruan tinggi Universitas Andalas Padang.
- Anas, I. Tampubolon, J.L.O. 2004. Media campuran tanah-pasir dan pupuk anorganik untuk memproduksi inokulan Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA). *Bul. Agron* 32 (1) : 26-31.
- Badan Pusat Statistik. 2003. Statistik Indonesia. Jakarta.
- Baharuddin, B. 1994. Pathological, Biochemical and Serological Characterization of the *Blood Disease Bacterium* Affecting Banana and Plantain (*Musa sp*). In Indonesia. Cuvillier verlag gettingen. 129 pp.
- Balai Penelitian Tanaman Buah. 2003. Komoditas pisang. Departemen penelitian tanaman buah. Solok.
- Brundrett, M., Abbot, L. K. Jasper, D.A and Aswath, N. 1994. Mycorrhizal association in Disturbed and Natural Habitats in Tropical Australia Mycorrhizas for plantation Forestry in Asia. Proceeding of International Symposium and workshop, Kaping, Guandong Province, P.R. China 7-11 November 1994. Editors M.Brundrett, B.dell. Maljczuk and Gong Mingqin. P.34-40.
- Buddenhagen, Z. W and Elasser T.A.1962. An Insect Spread wild Epiphytotic Of Bluggoe Bananas. *Nature* 194: 146-165
- Corryanti, 2003. Peranan jamur mikoriza arbuskular pada tanaman jati di tanah Latosol. Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta. Hal 39.
- Daryanto. 2002. Langkah Penanggulangan Penyakit Layu Pisang di Indonesia. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Penyakit Layu Pisang di Padang tanggal 22-23 Oktober.
- Djatnika, I. 2000. Penyakit Umum Pada Pisang. Balai Penelitian Tanaman Buah Solok. 15 hal.
- De La Cruz, D. E. 1988. General lectures on mycorrhiza. Workshop on mycorrhiza Inoc. Comp UIP the Philippines.
- Desfitri, A. 2005. Pengujian isolat indigenous Cendawan Mikoriza Arbuskular pada bibit pisang terhadap *Rodpholus similis* Cobb. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. Padang.

- Ekamawati, Hanna Astuti. 1989. Mekanisme angkutan nutrisi dalam simbiosis mikoriza arbuskular. Dalam workshop aplikasi cendawan mikoriza arbuskular pada tanaman pertanian, perkebunan, perkembangan, dan kehutanan. Asosiasi Mikoriza Indonesia. Bogor. pp 77-84
- Habazar, T dan Rivai, F. 2000. Dasar-Dasar Bakteri Patogenik Tumbuhan. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. Padang.
- Habazar, T. 2001. Aspek imunisasi dalam pengendalian penyakit tanaman secara hayati. Orasi ilmiah pada rapat senat terbuka Fakultas Pertanian. Universitas Andalas dalam rangka Dies Natalis ke-47. Tanggal 30 November. 31 hal.
- Habazar, T dan Rivai, F. 2002. Kematian massal tanaman pisang di Sumatera Barat. Upaya penanggulangan. Kerjasama pusat studi dan pengembangan Agens hayati (PUSPAHAYATI) dengan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. Padang. 20 hal
- Harmet, 1999. Peranan *G. fasciculatum* dan pupuk fosfor dalam peningkatan ketahanan tanaman kedelai terhadap penyakit pustul bakteri (*Xcg*). Thesis program pascasarjana Universitas Andalas Padang. 73 hal.
- Hermanto, C. 1998. Konfirmasi: Daerah endemik baru penyakit layu bakteri pisang di Sumatera Barat. Disampaikan pada seminar sehari PFI Komca Sumbar, Riau dan Jambi, Padang. 4 November 1998.
- Hermanto, C. 1999. Pengumpulan isolat-isolat bakteri patogenik pada tanaman buah di Jawa Timur. Laporan Perjalanan Dinas No. 268.P/BS/98.
- , 1999. Pengumpulan isolat-isolat bakteri patogenik pada tanaman buah di Jawa Timur. Laporan Perjalanan Dinas No. 268.P/BS/98.
- Hermanto, C. Habazar, T. Rivai, F. 2000. Pola distribusi penyakit layu bakteri pisang. Thesis Program Pasca Sarjana Unand. Padang.
- Husin, E. F. 1992. Perbaikan beberapa sifat tanah Podzolik Merah Kuning dengan pemberian pupuk hijau *S.rostrata* dan inokulasi MVA serta efeknya terhadap serapan hara dan hasil tanaman jagung. Disertasi Doktor. Program PPs Universitas Padjajaran, Bandung.
- Husin. 1994. Biologi tanah. Universitas Andalas Padang. 141 halaman.
- Husin, E. F. Habazar, T. Zakir, Z. Suswati, Yefriwati. 2007. Peningkatan hasil dan ketahanan pisang (*Musa sp*) terhadap penyakit darah bakteri (*Blood Disease Bacteria*) Menggunakan Cendawan Mikoriza Arbuskular.
- INVAM. 2003. International culture collection of arbuscular dan vesicular mycorrhizal fungi. West. Virginia University.

- John. T. St. 2000. The instant expert guide to mycorrhiza. The connection for function ecosystems. (<http://www.google.com.23/4/2005>). 44 p
- Kabirun, S. 2002. Tanggapan padi gogo terhadap inokulasi jamur mikoriza arbuskula dan pemupukan fosfat di Entisol. UGM. Yogyakarta.
- Mansur, I. 2008. Teknologi Produksi Mikoriza di Bidang Pertanian. Makalah disampaikan dalam kegiatan Seminar Nasional dan Workshop Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) Komisariat Sumatera Barat : Implementasi Teknologi Mikoriza Sebagai Agen Hayati dalam Menunjang Pertanian Berkelanjutan. Kerjasama Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI) dengan Universitas Andalas. Padang, 12 – 15 November 2008.
- Mosse, B. 1981. MVA research for tropical agriculture : Hawaii institut of tropical agriculture and human resource. England.
- Muharram, A and Subijanto. 1991. Status of disease banana in Indonesia. 44-49 in : R.V. Valmayor, B.E. Umali and C.P. Bejosano (Eds,) : Banana disease in Asia and the Pasific. International Network for Asia and The Pacific. INIBAP
- Nurhadi, M. Rais dan Harlion. 1994. Serangan bakteri dan cendawan pada tanaman pisang di Propinsi Dati I Lampung. Info Hortikultura Vol 2(1): 37-41.
- Roesmiyanto dan I. Hutagalung. 1989. Penyakit Darah (*P. celebenssis*) pada tanaman pisang di Jeneponto- Sulawesi Selatan. Hortikultura. No. 27:39-41.
- Rukmana, R. 2000. Usaha tani pisang. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Sahlan dan Nurhadi. 1994. Inventarisasi penyakit pisang di sentra produksi Sumatera barat, Jawa Barat dan lampung. Penel. Hort. Vol 6(5): 36-43.
- Semangun, H. 1989. Penyakit-penyakit tanaman hortikultura di Indonesia. Fakultas pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. Hal. 555 - 560
- Setiadi, D. H. Mansur, I., Budi, S.W dan Ahmad. 1993. Mikrobiologi tanah hutan. Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiadi, Y. 1991. Pemanfaatan mikroorganisme dalam kehutanan. PAU-IPB. Bogor. 6 halaman.
- Setiadi, Y. 1996. Fungi mikoriza dan prospeknya sebagai pupuk biologis PAU-BIOTEK - IPB. Bogor. 6 halaman.
- Setiadi, Y. 1998. Manfaat mikoriza untuk meningkatkan kualitas tanah dan pertumbuhan tanaman. Laboratorium Bioteknologi Kehutanan PAU IPB Bogor.
- Setiadi, Y. 2001. Optimalisasi penggunaan mikoriza arbuskular dalam rehabilitasi lahan-lahan kritis. Prosiding Seminar Mikoriza untuk pertanian organik dan rehabilitas lahan kritis. AMI Jabar. Bandung.

- Sieverding, E. 1991. Vesicular- arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. GTZ GmbH. Federal Republic of Germany. pp. 371.
- Simanungkalit, R. D. M. 1979. Pemanfaatan jamur mikoriza arbuskular sebagai pupuk hayati untuk keberlanjutan produksi pertanian: potensi dan kendala. Seminar sehari peranan mikoriza dalam pertanian AMI Jabar. Bandung
- Simanungkalit, R.D.M., dan Riyanti, E.I. 1994. Perbanyakan jamur mikoriza vesikular-arbuskular pada media campuran pasir kuarsa dengan arang. Risalah hasil penelitian tanaman pangan. 5 : 295-299.
- Smith, S. E. and Read, D. J. 1997. Mycorrhizae symbios. Academic press. Harcourt brace & Company, Publisher, UK. pp. 605.
- Singh, S. 2005. Effect of elevated levels of carbon dioxide and light on mycorrhiza. TERI, Darbari seth block, IHC kompleks, Lodhi road, New Delhi, India. Mycorrhiza News 16 (14) : 11
- Subandiyah.S., S.Indarti., T.Harjoko., S. N. H. Utami., C. Sumardiono dan Mulyadi. 2004. Bacterial Wilt Disease Complex of Banana in Indonesia *In: Bacterial Wilt Disease and The Ralstonia solanacearum Spesies Complex* (Eds) by Allen.C, Prior, A.C. Hayward. APS Press. USA.
- Sulyo, Y. 1992. Major banana disease and their control. IARD journal 14 (3 dan 4): 55-62.
- Suprijadi. 2002. Perkembangan penelitian penyakit darah pada tanaman pisang dan strategi pengendaliannya. Gelar teknologi pengendalian lalat buah CVPD dan penyakit layu pisang. Direktorat perlindungan
- Suswati, T.Habazar, Rivai, F. D.P.Putra. 2006. Respon fisiologi bibit pisang yang diinduksi dengan limbah kulit udang terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum* ras 2). Semirata FMIPA Bagian Barat. Padang, Agustus. 2006
- Suswati, Habazar. T, Yefriwati. 2007. Peningkatan ketahanan bawang merah (*Allium cepa* var *ascolonicum* Backer) terhadap penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *allii*) dengan aplikasi CMA. Kongres Asosiasi Mikoriza Indonesia II. 17-21 Juli di Bogor.
- Thurston, D. H. 1997. Tropical plant disease. Second edition. APS. Press St Paul Monnesota.
- Tjahyono, B. And S. J. Eden-Green. 1988. Blood disease of banana. 5 th. Congrees of plant pathology. Tokyo-Japan (Abstrak)

Wardlaw, C. W. 1972. Banana disease. Including plantains and Abaca. Longman. 146-179.

Yefriwati, Habazar, T. Reflin. 2004. Aplikasi beberapa jenis Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) dalam meningkatkan ketahanan bibit pisang terhadap penyakit layu bakteri (*R. Solanacearum* ras 2). Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang. 59 hal.



LAMPIRAN 1. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke ----											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Penyiapan bahan pembawa	X											
2	Perbanyak bahan pembawa		X	X									
3	Penyimpanan Formula FMA				X	X							
4	Penyiapan isolat BDB					X							
5	Introduksi Formula FMA pada plantlet pisang					X	X						
6	Inokulasi BDB						X						
7	Pengamatan		X	X	X	X	X	X	X				
8	Analisis Data							X	X				
9	Penulisan laporan								X	X			
10	Perbanyak Thesis										X		
11	Thesis										X		



LAMPIRAN 2. Deskripsi tanaman pisang varietas kepok *)

Ciri – ciri :

1. Tinggi pohon 3.0 m dengan lingkaran batang 40 -50 cm, berwarna hijau dengan sedikit atau tanpa bercak coklat kehitam-hitaman
2. Panjang daun 1.8 m dan lebarnya 50 – 60 cm, berlapis lilin pada permukaan sebelah bawah
3. Panjang tandan buah 30 -60 cm, merunduk dan tidak berbulu halus
4. Jantung berbentuk bulat telur, agak melebar dengan kelopak berwarna ungu sebelah luar dan merah sebelah dalam
5. Sisir buah berjumlah 5 – 9 sisir yang tiap sisir berjumlah 10 -14 buah (uler), berpenampang segitiga atau segiempat atau bulat
6. Daging buah berwarna putih kekuning – kuning, putih keungu-unguan, rasa kurang manis, lunak dengan tekstur yang agak berkapur (kecuali pisang siam)
7. Kulit buah berwarna hijau kekuning-kuningan dan agak keras
8. Daging buah berwarna kuning kemerah-merahan
9. Rasa manis sedikit asam dan cocok sebagai pisang rebus atau digoreng

*) Sumber : Rukmana (2000)



LAMPIRAN 3. Klasifikasi partikel tanah menurut USDA dan ISSS

Separat tanah	Batas ukuran diameter butir (mm)	
	Sistem USDA	Sistem ISSS
Pasir sangat kasar	2,00 – 1,00	
Pasir kasar	1,00 – 0,50	2,00 – 0,20
Pasir sedang	0,50 – 0,25	
Pasir halus	0,25 – 0,10	0,20 – 0,02
Pasir sangat halus	0,10 – 0,05	
Debu	0,05 – 0,002	0,02 – 0,002
Liat	Kecil dari 0,002	Kecil dari 0,002

- Sumber : Buckman and Brady (1960) cit Ahmad, F. 1980. The nature and properties of soil. The Macmillan Co. New York



LAMPIRAN 4. Sifat morfologi dan fisiologi Penyakit darah (*Blood Disease Bacteria*)

Sifat	Hasil Pengujian
A. Sifat morfologi <ul style="list-style-type: none"> * Bentuk koloni * Bentuk sel * Warna koloni * Ukuran koloni 	<ul style="list-style-type: none"> • Bulat, fluidal • Batang • Putih dengan formasi merah • 0.5 – 4.5 um
B. Sifat Fisiologi <ul style="list-style-type: none"> * Reaksi gram * Pektinase * Kovacs oksidase 	<ul style="list-style-type: none"> * Negatif * Negatif * Positif
C. Patogenisitas <ul style="list-style-type: none"> * Hipersensitif * Pada bibit pisang 	<ul style="list-style-type: none"> Positif Positif

MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS